<36606569320019

<36606569320019

Bayer. Staatsbibliothek

Phys. Sp.
349º

Geschenk an die Akad. d. Wiss.
I Kl. Nr. 303.

R

Ueber das Wesen und die Erscheinung des Galvanismus.

Oder

Theorien des Galvanismus und der geistigen Gährung,

nebst Andeutungen über den materiellen Zusammenhang der Naturreiche.

Von

August Koelle,

Doktor der Philosophie und Königl. Preuß. Finanzrath.

Stuttgart und Tübingen,
in der J. G. Cotta'schen Buchhandlung.
1825.

Sage hiervon auch mir ein weniges, Tochter Kronions.

BIBLIOTHECA
REGIA
MONACENSIS.

Johann Jacob Wagner'n

mit

Liebe und Dankbarkeit

zugeeignet.

Vorrede.

Meine Untersuchungen über die geistige Gährung führten mich darauf, daß sie das Resultat eines galvanischen Actes ist. Wenn auch die Vermuthung, daß bei der Gährung der Galvanismus thätig sey, schon von mehrerern Chemikern geäußert wurde, so muß man doch gestehen, daß sich dieselbe noch nicht zu einer Hypothese, und noch viel weniger zu einer durchgeführten und nachgewiesenen Theorie bisher erheben konnte. Schweigger war der einzige, der sie mit innerer Wahrscheinlichkeit aussprach. Gerade dasjenige, was selbst jeder Hypothese vorausgehen muß, die Sicherstellung der Thatsachen, war bei diesem Phänomen höchst mangelhaft, und so kam es, daß Döbereiner, der am frühsten jene Ansicht gehabt zu haben scheint, und dem auch dieser Theil der Naturwissenschaft sehr fruchtbare Beobachtungen verdankt, in der neusten Zeit sie sogar geradezu wieder aufgab. Die Wichtig-

keit der Erkenntniß dieses Gegenstandes für die Naturwissenschaft wurde dagegen zu allen Zeiten gefühlt, man ahndete, daß er die Brücke sey, welche das Gebiet des Chemismus mit demjenigen des organischen Lebens verbinde. Ich darf deßhalb hoffen, daß meine Bemühungen zur Enthüllung seines Wesens nicht allein der Technik, sondern auch der Chemie willkommen seyn werden.

Durch diese Untersuchungen, aus denen die zweite Abhandluug hervorgieng, wurde ich auf zwei verwandte Gebiete geführt. Unzufrieden nämlich mit den Resultaten, welche die im Großen über die Gährung angestellten Experimente mir für die Theorie gewährt hatten, und aufgefordert durch die auffallende Unbestimmtheit, welche alle Angaben der Chemie über die Gährungsphänomene und die dabei wirksamen Körper enthalten, schlug ich nach vielen vergeblichen Bemühungen gerade den entgegengesezten Weg ein, die Untersuchung durch das Mikroskop. Hierdurch kam ich auf Entdeckungen, welche theils den zusammengesezten Zustand vieler, von der Chemie für einfach gehaltener, organischer Stoffe

darthun, theils über die Grundform aller Körper Aufschluß geben, zugleich aber auch über die Entstehungsweise des vegetabilischen und thierischen Lebens, wie ich hoffe, die erste factische Gewißheit enthalten werden. So entstand der Aufsatz über den materiellen Zusammenhang der Naturreiche, in welchem der Galvanismus als der thätige, allgegenwärtige Mittler erscheint.

Das zweite Gebiet, auf welches mich die Untersuchungen über die Gährung leiteten, war eine Analyse des elektrischen Prozesses der Voltaischen Säule, und hieraus gieng die Abhandlung über die Theorie des Galvanismus hervor. Es ist bekannt, daß wir nur sehr ungenügende Ansichten über diesen Gegenstand besitzen, die als bloße Materialien zur Begründung einer richtigen Theorie zu betrachten sind, aber keineswegs den Anforderungen der Wissenschaft entsprechen.

Allerdings sind dergleichen Untersuchungen schwierig und mühvoll, aber eben so nothwendig, besonders in einer Periode der Wissenschaft,

welche alle Verwandtschaftslehre auf Elektricität zurückzuführen sucht. Denn, wenn wir irgendwo zusammenhängende Aufschlüsse über das, was wir chemische Verwandtschaft nennen, und über die Art ihrer Aeußerung zu erwarten haben, so ist es in dem Prozesse der Voltaischen Säule, und nur aus einem durchgeführten Galvanismus kann ein wahrhaftes System der Chemie hervorgehen.

Daß sonach die drei Abhandlungen, welche im gegenwärtigen Buche enthalten sind, einen genauen inneren Zusammenhang besitzen, glaube ich, so viel es einer Vorrede zukommt und obliegt, gezeigt zu haben. Daraus entstand der vorgesezte Gesammttitel. Damit aber auch die äußere Sonderung sogleich sichtbar werde, fügte ich noch den zweiten bei, der zugleich die nähere Deutung des ersteren enthält. Möge das ernstliche Streben, das mich bei diesen Untersuchungen leitete, nicht verkannt werden.

Theres bei Schweinfurt, den 15. Mai 1825.

Der Verfasser.

I.

Theorie
des
Galvanismus.

Inhalt.

Vorwort.

I. Die Voltaische Säule.

1. Die Contacts=Elektricität oder die Erreger.

2. Der feuchte Leiter oder die Indifferenz.

3. Die Erreger und der feuchte Leiter in Berührung.

4. Die Zerlegung des Wassers.

5. Die Oxydation in der Voltaischen Säule.

a. Säulen mit reinem Wasser als feuchten Leiter, ohne Mitwirkung der Luft.

b. Säulen mit reinem Wasser als feuchten Leiter, unter Mitwirkung der Luft.

c. Säulen unter Mitwirkung von Reizmitteln der galvanischen Action.

6. Elektrische Zustände der ganzen Säule.

a. Vollkommen geschloßne Säule.

b. Vollkommen isolirte Säule.

c. Unvollkommen geschloßne Säule.

II. Der Flächengalvanismus, eine höhere Form des Voltaischen Galvanismus.

III. Der cubische Galvanismus, eine höhere Form des Flächengalvanismus.

Schluß.

Vorwort.

Keine Entdeckung der Physik war größer, keine glänzender und reicher in ihren Folgen, als die der Voltaischen Säule. Ihre Quelle ist unerschöpflich, wie für die Natur, so für die Wissenschaft. Erwägt man, wie aus den von Volta selbst gegebenen Nachrichten hevorgeht, daß ihre Geburt nicht dem Zufalle angehört, sondern größtentheils das Resultat einer scharfsinnigen Combination war, so muß man dem Verdienste des Entdeckers desto mehr Gerechtigkeit widerfahren lassen. Im Jahre 1790 bemerkte Galvani die Muskelzusammenziehung eines eben erst getödteten Frosches durch Berührung mit zwei verschiedenartigen Metallen. Man nannte den wahrgenommenen Metallreiz ihm zu Ehren Galvanismus. Das neue Jahrhundert brachte die Frucht dieses ausgestreuten Samenkorns. Der berühmte Brief, den Volta zur Bekanntmachung seiner Entdeckung an Joseph Banks richtete, ist zu Como den 20. März 1800 geschrieben.

Je mehr man durch die vielfachen und sorgfältigen Versuche, welche Galvani's Metallreiz während jenes Zwischenraums veranlaßte, auf Volta's Entdeckung vorbereitet war, je näher viele Physiker *) der Entdeckung selbst sich befunden hatten, und je unfehlbarer und größer sich gleich anfangs das Feld zu weiteren, glänzenden Resultaten zeigte, desto thätiger und unermüdlicher war der Eifer, mit dem man ihr nachging. Man muß in der That über die Schnelligkeit staunen, mit der ein großer Kreis von Folgerungen, von Erweiterungen und den mannigfachsten Anwendungen durchlaufen wurde, man würde es noch mehr, wenn der Grund dieses raschen Wachsthums

*) Z. B. Ritter. Gilbert's Annalen der Physik, VII. S. 437. Noch mehr aber Robison. Denn er schrieb schon den 28. Mai 1792 an Fowler: Ich hatte eine Anzahl Zinkstücke von der Größe eines Schillings gemacht und sie in eine Rolle von eben so viel Schillingen gebracht. Ich finde, daß diese Abwechslung in einigen Umständen den Reiz beträchtlich vermehrt und hoffe, aus irgend einem solchen Grunde eine noch größere Verstärkung hervorzubringen. Wenn die Seite der Rolle an die Zunge gebracht wird, so, daß alle Stücke von ihr berührt werden, so ist der Reiz sehr stark und unangenehm." (Alex. Monro's und Rich. Fowler's Abhandlung über die thierische Elektricität. Leipzig, 1796.) Gilbert's Annalen, X. S. 481.

nicht eben in der großen Verbreitung und Allgemeingültigkeit des Galvanismus selbst läge und es nicht dadurch geschähe, daß wir, wenn wir auch von anscheinend ganz entgegengesezten Punkten ausgehen, doch immer wieder auf diesen Mittelpunkt aller Naturerscheinungen zurückkommen.

Da die voltaische Säule sich als geheimstes Mysterium der Natur zu erkennen gab, so schloß sich ihrer Verbreitung der regste Forschungseifer auch nach ihrer theoretischen Enthüllung an, und wir finden es vorzüglich in diesem besondern Falle bewährt, daß bei einer neuen Entdeckung die Begierde nach Aufklärung mit dem Vorrathe der eingesammelten Erfahrungen und Thatsachen gewöhnlich im umgekehrten Verhältnisse steht. So kam es, daß gleich anfangs die vielfachsten Theorien erschienen, ohne daß man dadurch für die Theorie selbst viel mehr gewonnen hätte, als zu erfahren, daß und wo man eigentlich noch zu forschen habe, um die Materialien dazu vorzubereiten. Hierin lag aber eben ihr wahres Verdienst. Sie gaben die wichtige Veranlassung, Gruppen zusammenhängender Experimente in consequenter Folgenreihe anzuordnen, und wer wollte es verkennen, daß wir gerade solchen wissenschaftlich angeordneten Versuchen in diesem sowohl, als in andern Gebieten der Naturwissenschaft die wichtigsten Aufklärungen verdanken.

Keine Theorie hat eine größere Allgemeinheit und

Anerkennung bis auf den heutigen Tag erlangt, als diejenige des Entdeckers selbst, obgleich sie die erste war, und durch die Erweiterung des Gegenstandes, so wie durch die darüber angestellten Speculationen, nothwendig nach und nach manche gegründete Zweifel gegen sie rege werden mußten, die selbst die neuste Zeit nicht heben konnte. Mit Verehrung muß man aber auch anerkennen, daß nicht leicht eine Theorie der ersten Grundlage nach auf genauer erforschte Thatsachen gegründet und mit mehr Gewissenhaftigkeit aufgestellt worden ist, als diejenige Volta's über die Wirkungsart seiner Säule. Gerade was ihn auf die Entdeckung selbst führte, die mit höchster Genauigkeit ergründete Entstehung entgegengesezter Elektricität durch Berührung zweier verschiedenartiger Metalle, ist auch die Basis seiner Theorie, und so konnte es nicht fehlen, daß, da allerdings von dieser durch Berührung entstandenen Elektricität, der sogenannten Contacts-Elektricität, alle Wirkungen der Säule unzweifelhaft abhängig sind, auch seine auf dieser Thatsache ruhende Theorie einen verhältnißmäßigen Theil der Wahrheit enthalten mußte.

Sehr merkwürdig ist es, daß sie gerade so weit richtig ist, so weit seine Berechnungen richtig und in seiner Gewalt waren, daß aber da ihre Mangelhaftigkeit anfängt, wo seine Berechnungen mangelhaft zu werden anfingen. Nur die Absicht nämlich,

die unmittelbare Ausgleichung der durch den Contact zweier verschiedenartiger Metallplatten entstandenen Elektricität bei der Aufeinanderhäufung mehrerer Plattenpaare zu verhindern, brachte Volta auf den Gedanken, einen feuchten Leiter dazwischen zu legen, und hier ist die Grenze, von welcher an der Erfolg größer ist, als seine Combination, wo der Zufall seine Rechte an der Entdeckung in Anspruch nimmt und das Mangelhafte seiner Berechnung ergänzte. Eben der Schein des zutreffenden Facit's bestärkte ihn in seiner vorgefaßten Ansicht, und so ist denn auch dasjenige unvollkommen und unrichtig, was er für die Theorie daraus gefolgert hat.

So viel auf dem gegenwärtigen Standpunkte der Chemie und Physik noch hinsichtlich der Ausmittlung der galvanischen Wirksamkeit in den einzelnen Fällen und der elektrischen Verhältnißzahlen der Körper insbesondere zu thun ist, so vollständig sind die allgemeinen Erscheinungen an der Säule selbst in dem Verlaufe eines Vierteljahrhunderts erforscht und aufgezeichnet worden. Demungeachtet gab uns auch die neuste Zeit noch nicht diejenige Kenntniß des in dem Innern derselben vorgehenden Prozesses, welche dem heutigen Standpunkte der Naturwissenschaft entsprechend wäre und die Bedeutung jedes einzelnen Gliedes einer Kette, so wie ihrer Zusammenwirkung, uns auf analytische Weise und auf ähnliche Art enthüllte, wie wir es bei

andern Erscheinungen gewohnt sind. Die folgende Untersuchung ging aus dem Gefühle dieses Mangels hervor. Möge es mir gelungen seyn, auch bis zu den Wurzeln des fruchtbaren Baumes hinabzudringen, dessen Blüthen und Früchte uns schon so vielfach erfreut und geistig erquickt haben.

Erster Abschnitt.
Die Voltaische Säule.

Erste Abtheilung.
Die Contacts-Elektricität oder die Erreger.

Die Entstehung entgegengesezter Elektricität durch den Contact zweier ungleichartiger Metallplatten hat Volta auf das genügendste und erschöpfendste durch eine Reihe der genauesten Versuche dargethan. Nehmen wir Zink und Silber als Repräsentanten dieser Entgegensetzung an, so zeigt sich ersteres bei der Berührung positiv, letzteres negativ elektrisch.

Wenn wir nun auch, wie billig, von der Frage hier Umgang nehmen, was überhaupt die Existenz der Elektricität in den Körpern begründet, so ist es doch von Wichtigkeit, zu untersuchen, auf welche Art sie sich aus ihnen entwickelt und zur Erscheinung kommt. Betrachten wir Volta's Theorie, so zeigt sich, daß er alle Elektricität, welche seine Säule liefert, aus den Metallplatten (oder überhaupt aus den Erre-

gern,) selbst hervorgehen läßt und eben deßhalb auch von Anfang an erklärte, daß alle Wirkungen seines Apparats ganz die einer sehr großen elektrischen Batterie von unendlicher Capacität seyen, welche nur eine sehr schwache Ladung habe, diese Ladung aber augenblicklich wiederherstelle und dadurch ununterbrochen fortwirke *). Abgesehen vorerst davon, daß man nicht einsieht, wie die verhältnißmäßig kleinen Platten eine so große Elektricität bloß durch den Contact, der ja bloß einmal statt findet, entwickeln können, geht es aus Volta's eignen, so höchst genauen Versuchen **) hervor, daß auf diesem Wege, auch wenn der Contact noch so lange dauert, nie ein höherer Grad der Elektricität (wobei auf die Größe der Flächen nichts ankommt), hervorgebracht werden kann, als 1/60 Grad des Strohhalm-Elektrometers ***). Nur wenn die Berührung wiederholt wird, kann sich aufs neue

*) Gilbert's Annalen, IX. S. 380.

**) Ebendas. X. S. 425.

***) Ich nehme bei diesen und ähnlichen Prüfungen der Voltaischen Ansicht immer nur diejenigen Bedingungen zur Grundlage, von denen Volta selbst ausging. Er sagt z. B. nicht, daß der feuchte Leiter die Contacts-Elektricität der Platten zu einem höherem Grade impellire, sondern nur, daß der 1/60 Grad durch Zusammenleitung der gleichartigen E verstärkt, d. h. an den Polen angesammelt werde.

Elektricität entwickeln und ein verhältnißmäßig höherer Grad im Condensator angehäuft werden. Geben wir also auch zu, daß die Fortpflanzung der durch den Contact der Silber- und Zinkplatten erzeugten negativen und positiven Elektricität nach der Vorstellungsart, welche sich Volta unter dem Worte Impulsion macht, statt findet, so folgt dennoch, da das Wasser nach seiner Ansicht nichts zur Erregung beiträgt, nicht mehr daraus, als daß seine Säule höchstens eine geladene Leydner Flasche darstellen könnte, die bei der ersten Entladung erschöpft ist, nie aber sich von selbst wieder laden kann. Und so ist es auch in der That, wenn wir bloß von Volta's Bedingungen der Elektricitäts-Erzeugung seiner Säule ausgehen; denn entschiedene Versuche haben gezeigt, daß eine mit reinem Wasser aufgebaute Säule in den luftleeren Raum gebracht, sogleich ihre Wirkung verliert. Sie ist in diesem Falle entladen, ohne die Ladung erneuern zu können.

Wir müssen sonach zugeben, daß, wenn auch die Metallplatten den Anfang der elektrischen Wirkung begründen, sie doch nicht im Stande sind, sie zu unterhalten. Es gebührt ihnen deßhalb allerdings nur der Name Erreger, aber dieser mit desto mehr Recht, als die Größe der aus der Berührung zweier Metalle hervorgehenden Elektricität in geradem Verhältnisse mit der Wirksamkeit der ganzen Säule steht, diese Wirk-

samkeit also von ihnen ausgeht und der Grad derselben von ihrer Beschaffenheit abhängig ist. Wir sehen z. B. daß einige Körper (Silber und Zink), eine größere elektrische Spannnng bei ihrer Berührung entwickeln, als andere, (Zinn und Zink). Aber eben diese Körper erster Art geben auch eine wirksamere Säule.

So erscheint die Contacts-Elektricität als ein Theil der den Körpern von Natur inwohnenden Elektricität. Er kann ihnen durch Ableitung entzogen werden, und dieser Verlust hat eine Modification ihres Zustandes zur Folge. Von der einfachsten Berührung zweier Körper an bis zu ihrer vollkommensten chemischen Durchdringung wächst die Contacts-Elektricität mit aufsteigender Vollständigkeit. Dieser verschiedene Grad der Erregung, der z. B. durch Wärme erhöht wird, ist für die Voltaische Säule von großer Wichtigkeit.

Eine Erscheinung, die in dem Wesen der Differenzirung überhaupt ihren Grund hat, ist die, daß die entstandenen Pole gleiche Intensität haben und nur dem Geschlechte nach verschieden sind. Es kann also auch keiner für sich allein entstehen, ohne zugleich seinen Gegenpol in gleicher Stärke hervorzurufen. Jäger *) hat dieses Gesetz in Beziehung auf die Voltaische Säule auf folgende Art ausgedrückt:

---

*) Gilbert's Annalen, XIII. S. 419.

„Jeder Punkt einer Säule oder Kette kann nur dann elektrisch nach außen wirken, wenn zu gleicher Zeit ein von ihm heterogener Punkt derselben Säule oder Kette elektrisch nach außen wirkt; und er kann nur mit einem Quanto von Elektricität nach außen wirken, das dem Quanto gleich ist, mit welchem zu gleicher Zeit der heterogene Punkt nach außen wirkt."

So einfach und natürlich dieses Gesetz erscheint, wenn es für sich allein auftritt, so sehr wurde in der Anwendung gegen dasselbe verstoßen, da man sich gar häufig von der Idee einer Reproduction verführen ließ, nach welcher, wenn ein E auf irgend eine Weise an einem Punkte verschwand, man geradezu annahm, der entgegengesezte Punkt reproducire es, ohne zu bedenken, daß beide Pole immer zugleich und in gleicher Stärke entstehen müssen.

Es geht hieraus die wechselseitige Abhängigkeit der entstandenen Differenz hervor, so daß beide E immer in Beziehung (Spannung,) zu einander gedacht werden müssen und ein gleiches Verhältniß haben, wie die Pole des Magnets. In der Mitte der Platten (in den Berührungspunkten), ist nämlich Ausgleichung der Differenz, also Indifferenz, = o E. Je mehr aber nach den entgegengesezten Flächen zu die Entfernung zunimmt, desto stärker ist die Differenz. Sonach ist es eine unrichtige Ansicht, wenn man sich das + und — E bloß auf den äußern Oberflächen der Plat-

ten abgelagert denkt. Die entgegengesezte Elektricität ist crescendo von innen nach außen, und diminuendo von außen nach innen vertheilt und durch den Gegensatz, durch den sie existirt, auch in wechselseitiger Abhängigkeit.

Unabhängigkeit kann also eines der beiden E bloß dadurch erlangen, daß es von seinem entgegengesezten E befreit wird. Dieß geschieht durch einseitige Ableitung d. h. Indifferenzirung des einen Pols. Es ist klar, daß durch diese Ableitung des einen E die Quantität des entgegengesezten E nicht vergrößert werden kann, daß aber wohl sein Zustand dadurch verändert wird. Das vorher bestandene Gleichgewicht der Spannung ist nämlich nunmehr aufgehoben, und nun sinkt die Wagschale des von seiner Beziehung zu dem entgegengesezten Pole befreiten E mit ihrer ganzen Macht und zeigt sich als nach außen verstärktes E. Nothwendige Folgen dieses gestörten Gleichgewichts sind:

1) Einseitige Elektricität, bloße Gegenwart von + oder — E in der ganzen Masse des Plattenpaars.

2) Da die Ableitung nichts ist, als eine Indifferenzirung durch ein gleich starkes anderes und fremdes E, so muß nun der Indifferenzpunkt, welcher zuvor in der Mitte war, an dem Punkte seyn, an welchem die Ableitung geschah.

3) Von diesem neuen Indifferenzpunkte aus verbreitet sich nun crescendo die übrig gebliebene einseitige Elektricität bis zur entgegengesezten Oberfläche.

4) Das übrig gebliebene, einseitige E ist durch keinen Gegensatz gehalten und hat demnach seine volle Energie, die, da der Gegensatz ihm gleich war, nunmehr nach aufgehobenem Gegensatz das doppelte betragen muß.

Jäger *) hat diese Verhältnisse auf folgende Art ausgedrückt: „Jeder Punkt einer Säule oder Kette zeigt nur dann das Maximum der Intensität seiner nach außen wirkenden Elektricität, wenn die entgegengesezte Elektricität des heterogenen Punkts, die zu gleicher Zeit nach außen wirksam werden muß, ihrer Intensität nach gestört wird; und die Intensität der Elektricität, mit welcher ein Punkt nach außen wirkt, nähert sich um so mehr ihrem Maximo, je mehr im Verhältnisse gegen sie die Intensität der Elektricität an dem heterogenen Punkte abnimmt; sind aber die Intensitäten der an beiden Punkten nach außen wirkenden Elektricitäten einander gleich, so wirkt jede nur mit der Hälfte dieses Maximi nach außen.“

Wir finden diese Gesetze, die aus der Natur der Sache selbst hervorgehen, in der Wirkung der Voltaischen Säule nur auf eine vergrößerte und deßhalb deut-

*) A. a. O.

lichere Art wieder, sowie es überhaupt nothwendig ist, diese Zusammensetzung mehrerer Ketten sich nicht wie eine Summe, sondern wie ein wirkliches Multiplicat zu denken, eben weil die auf einander zu legenden einzelnen Ketten zugleich einen inneren Gegensatz haben, durch den sie in innere Wechselwirkung treten. Eine Voltaische Säule aus noch so vielen Ketten ist in der Wahrheit und ihrem Wesen nach nichts anderes, als eine einzelne Kette im vergrößerten Maßstabe der Wirkung. Eben dieß ist es, was ihr den Rang des Organischen giebt, eines Vielfachen, das zugleich ein Einfaches ist, und was zugleich ihre Erscheinungen bedingt.

Wie aber chemische Verbindungen und Trennungen bald leichter, bald schwieriger bei den gleichen Körpern vor sich gehen, je nachdem die Umstände begünstigender sind oder nicht, so auch die Entstehung der Contacts-Elektricität. Bei den obigen Gesetzen ist eine vollkommne Gleichheit der äußern Umstände vorausgesezt, da Verschiedenheit der Wärme, der Luft, des Wassers u. dgl. abändernd einwirken. So hat Schweigger, um ein Beispiel anzuführen, die Statthaftigkeit der Construktion einer Voltaischen Säule aus einem feuchten und nur einem festen Leiter, bei welchem aber durch Temperaturunterschied eine Differenz der Extremitäten, also eine Duplicität bebegründet ist, nachgewiesen. Nimmt man nun an,

daß in einem gewissen Falle, z. B. wenn der feuchte Leiter aus reinem Wasser besteht, das durch die Contacts-Elektricität erregte + und — E einen gewissen Grad habe, so wird dieser Grad der Differenz verstärkt werden, wenn man anstatt des Wassers eine verdünnte Säure anwendet, oder wenn man in der von Schweigger angegebenen Säule den Unterschied der Temperaturen verstärkt. Nothwendig ist dieß von großem Einflusse auf die Wirksamkeit der Säule, da dadurch eine ähnliche Verschiedenheit bewerkstelligt wird, als wenn man anstatt zweier geringer Erreger zwei stärkere zur Erbauung der Säule nimmt. Je größer die elektrische Differenz (Spannung,) der Erreger ist, desto größer ist auch die galvanische Wirkung.

Der durch eine solche Vergrößerung der Differenz der entgegengesezten Elektricitäten entstehende Zuwachs an + und — E des Zinks und Silbers hat den oben entwickelten Gesetzen gemäß seinen Ursprung in den Platten selbst, ist aber nicht etwa die Differenz einer unterdessen reproducirten oder ergänzten Indifferenz, auch darf man sich nicht die Vorstellung machen, als enthielten die beiden Platten eine bestimmte (oder nach Volta sogar eine unendliche) Anzahl gleichgroßer Indifferenzen. Sondern ein schon bestehender Grad der Spaltung der ursprünglichen Indifferenz, die eine bestimmte Größe ist, wird nur zu einem höheren

Grade impellirt. Die beiden Platten oder ungleichartigen Körper verlieren dadurch immer mehr ihr inneres Gleichgewicht, (zerfallen mit sich selbst immer mehr,) und werden bei ihrer Einseitigkeit nun desto leichter die Beute äußerer Einwirkungen; oder, mit andern Worten, sie unterliegen nun leichter dem chemischen Prozesse. Dieß kommt darauf hinaus, was schon oben gesagt wurde, daß sich nämlich Contacts-Elektricität und chemischer Prozeß nur dem Grade nach von einander unterscheiden.

Zweite Abtheilung.

Der feuchte Leiter oder die Indifferenz.

Volta sah die Wichtigkeit dieses verschiedenen Erregungsverhältnisses zwischen zweien Körpern klar ein und legte deßhalb das ganze Gewicht seiner Forschungen auf die Ausmittlung der Elektricität der Platten. Was aber bloß Mittel ist, sah er für Zweck an, und der Fehler seiner Theorie besteht darin, daß er aus seinen trefflich constatirten Prämissen einen falschen Schluß zog. Er meinte, die Wichtigkeit der Differenz der Platten liege darin, daß sie viele Elektricität erzeugen und erhalten, während sie gerade umgekehrt darauf beruht, daß sie viele verlieren, — er verkannte die Bedeutung des feuchten Leiters.

Nach seiner Ansicht ist derselbe bloß ein gleichgültiger Zwischenleiter zwischen zweien Plattenpaaren, und deßwegen bringt er ihn auch gar nicht in Rechnung. Er nimmt zwar an *), daß auch zwischen den Plattenpaaren und dem feuchten Leiter eine Impulsion statt finde, sie sey indessen nicht so groß, als diejenigen zwischen den Plattenpaaren selbst, weil diese beiden Impulsionen sich sonst wechselseitig vernichten müssen; sie sey nur unendlich gering und schwäche so viel wie nichts die Impulsion, die von einem Plattenpaare nach dem andern wirke, könne auch deßhalb nicht in Anschlag gebracht werden. Hier häufen sich aber die Verwicklungen. Denn nun erscheint das Wasser als bloßer gleichgültiger Zwischenleiter, der die Impulsionen der Plattenpaare angeblich vereinigt, und zwar vermöge seiner geringeren Leitungsfähigkeit. Aber zugleich sollen eben auch salzige Flüssigkeiten und Säuren deßwegen eine stärkere Wirkung hervorbringen, weil sie besser leiten. Was könnte aber die Wirkung dieser gleichgültigen Zwischenleitung, auch wenn sie statt hätte, anders seyn, als Vernichtung der Platten-Impulsionen? Wie konnte Volta, der eine Vereinigung der entstandenen Elektricitäten zwischen den Plattenpaaren vermittelst des feuchten Leiters annimmt, glauben, daß nun, weil eine gleich-

---

*) Gilbert's Annalen, IX. S. 239. und X. S. 432.

gültige Zwischenleitung vorhanden sey, ein anderer Erfolg statt finden könne, als derjenige ist, welchen er ohne diese Zwischenleitung selbst annimmt, nämlich wechselseitige Vernichtung der entgegengesezten Elektricitäten? Nur verzögert könnte diese Vernichtung bei Volta's Annahmen werden, nie ganz verhindert, und salzige Flüssigkeiten, so wie Säuren, müßten seinen Axiomen zu Folge gerade die entgegengesezte Wirkung hervorbringen, welche sie in der Wirklichkeit äußern, nämlich eine beschleunigte Vernichtung aller elektrischen Wirkungen des Apparats.

Eine einfache Reflexion über die Bedeutung und die Wirkung des Wassers im Gasapparate hätte ihn auf das Irrige seiner Annahme aufmerksam machen können. Es ist nämlich klar, daß, wenn die Natur des Wassers bloß diejenige eines gleichgültigen Zwischenleiters wäre, eine solche Zwischenleitung auch im Gasapparate statt finden müßte, und daß, wenn zwischen zwei Plattenpaaren der Säule keine Ausgleichung der entgegengesezten Elektricitäten vor sich ginge, solche auch nicht zwischen den beiden lezten Plattenpaaren, den Polen, vorgehen könnte. Wir sehen indessen, daß, so gering auch Volta die Impulsion des Wassers annimmt, doch die geladenen Pole der Säule dadurch allerdings ihre Elektricität verlieren, weil, auch abgesehen von jeder andern Wirkung des Wassers, und wenn wir es wirklich als bloßen Zwischenleiter be-

trachten, überall zwei entgegengesezte Elektricitäten sich ausgleichen und indifferenziren, wo sie sich kreuzend begegnen. Niemand aber wird läugnen, daß Volta's Impulsionen zwischen den Plattenpaaren als sich kreuzend und nach entgegengesezten Richtungen begegnend, gedacht werden müssen.

Das Wasser kann im Gasapparate nicht anders wirken, als zwischen den Plattenpaaren; denn, wenn wir die Wirkung der Voltaischen Säule in ihrer reinsten Erscheinung betrachten, nämlich in dem Davy'schen Becherkreise *), welcher in einer Anzahl einfacher, bloß durch sich selbst geschlossener Ketten besteht,

so ergiebt sich, daß jeder feuchte Zwischenleiter einen Gasapparat vorstellt, daß also auch nothwendig die entstandene Contacts-Elektricität der einzelnen Plattenpaare in dem Wasser verloren geht, mag es auf irgend eine Weise geschehen.

Alles führt uns sonach darauf hin, daß der feuchte Leiter eine von Volta's Annahme gänzlich verschiedene Bedeutung hat, deren Erforschung uns nun obliegt.

---

*) Gilbert's Annalen, VIII. S. 300.

Die einfache Erfahrung, daß in feuchter Luft die Experimente mit Elektrisirmaschinen weit unvollkommner gelingen, als in trockner, gibt zu erkennen, daß die in Körpern auf irgend eine Art erregte freie Elektricität durch Wasser abgeleitet und denselben entzogen werde, eine Thatsache, auf welcher eben auch die Wirkung des Gasapparats beruht. Erman's *) Versuche geben darüber völlige Gewißheit. Er zeigte, daß eine gut angefeuchtete hänfene Schnur, welche die beiden Pole einer Voltaischen Säule verbindet, sich der Länge nach in zwei Theile theilt, wovon der eine die Elektricität des Pols hat, den er berührt, und der andere die des entgegengesezten Pols. Er bewies hierdurch, so wie durch andere Versuche, daß die Wassersäule, welche sich im Gasapparate zwischen den beiden Batteriedrähten befindet, während des galvanischen Prozesses wirklich Elektricität aufnimmt und selbst polarisch wird. Er füllte ein silbernes Rohr, an dessen beide Enden Glasröhren gekittet waren, in welche sich die Drähte der Batterie befestigen ließen, mit Brunnenwasser, und richtete es zum Gasapparate vor. Nachdem er die äußere Fläche des Glases am Feuer so genau getrocknet hatte, daß selbst mit dem Condensator nicht die mindeste Spur einer Leitung daran zu merken

*) Gilbert's Annalen, VIII. S. 207. und X. S. 4.

war, machte er die Verbindung der Dråhte mit der Batterie. Das silberne Mittelstůck zeigte nun am Condensator åußerst starke *) Elektricitåt, die nur durch die innere Wassersåule dahin hatte gelangen kônnen. Eben so gab ein Draht, der durch den Tubulus einer Rôhre gesteckt wurde, die mit Wasser gefůllt und als Gasapparat an die Såule angebracht war, starke Divergenz am Condensator.

Auf welche Art die polarischen Wasserzonen entstehen, ist hôchst wichtig zu untersuchen, da auch zwischen den Plattenpaaren der feuchte Leiter von zwei entgegengesezten elektrischen Polen afficirt wird und, wie schon dargethan wurde, den ganz gleichen Einwirkungen unterliegt, als das Wasser im Gasapparate. Zu dieser Untersuchung ist aber vor allem nôthig, die Natur des Wassers selbst in genauere Betrachtung zu ziehen.

Die Chemie zeigt, daß das Wasser ein Product des Sauerstoffs und Wasserstoffs ist, und zwar nach Berzelius genauer Analyse in dem Ge-

---

*) Es wåre indessen eine unrichtige Vorstellung, wenn man hieraus schließen wollte, daß das Wasser einen gleichen Grad der Elektricitåt gehabt habe, als die Rôhre. Das Metall nimmt in dem Grade mehr Elektricitåt auf, als es ein besserer Leiter, als das Wasser, ist.

wichts = Verhältnisse von 88,246 : 11,754, oder dem Volumen nach von 100 : 200. In dem Gasapparate werden beide Bestandtheile auf das vollkommenste von einander getrennt und isolirt dargestellt. Betrachten wir sie in chemischer Hinsicht, so ergiebt sich, daß diese Stoffe die lezten und reinsten Gegensätze der Natur sind, wenigstens so weit es uns möglich war, sie zu verfolgen, und selbst so weit auch nur unsere Ahndung reicht. Oxydation und Hydrogenation — ihre beiderseitigen Funktionen *) — können wir also schon nach dem gegenwärtigen Zustande der Wissenschaft als die beiden Prozesse ansehen, von denen alle chemische Metamorphose ausgeht und auf welche alle zurückkommt.

Alle Erscheinungen bestätigen es, daß das Wasser beide Gegensätze in der höchsten Symmetrie der Qualität enthält. Nun kennen wir keinen Stoff, der eine größere Tendenz zur Expansion hätte und eben deßhalb eine geringere specifische Schwere besäße, als den Wasserstoff in seinem ungebundenen Zustande, nämlich als Wasserstoffgas. Es ist 13½ Mal leichter als die atmosphärische Luft. In dem Gasapparat der Voltaischen Säule erscheint es als der positivste

---

*) Man kann deßhalb eben so gut sagen, daß das Wasser ein Hydroid des Sauerstoffs, als ein Oxyd des Wasserstoffs ist.

Körper. Ganz entgegengesezter Natur ist der Sauerstoff. Er erscheint als der negativste Körper, den wir kennen, und dadurch als dem Wasserstoff gerade entgegengesezt. Während der leztere der brennbarste Stoff ist, ist es der Sauerstoff, der am vollkommensten die Verbrennung bewirkt. Daraus folgt ganz naturgemäß, daß bei der Verbrennung des Wasserstoffs mittelst des Sauerstoffs der höchste Grad von Hitze erzeugt wird, den wir kennen. Der synthetische Prozeß, durch den dieß geschieht, ist der reinste, entschiedenste in der Natur.

Durch diese Verbindung wird der nach Expansion strebende Wasserstoff festgehalten. Da aber die Gegensätze beider Stoffe so rein und vollkommen sind, so kann auch weder ein positives, noch ein negatives Uebergewicht statt finden, ungeachtet der Sauerstoff der Quantität noch darin mehr als siebenmal den Wasserstoff überwiegt; das Product reagirt weder sauer noch alkalisch. Gerade dieses bestätigt uns in der Ansicht, daß die höchsten chemischen Gegensätze im Wasser sich verbunden haben. Denn erwägen wir, daß die Eigenschaft des Sauerstoffs, durch seine Vereinigung mit vielen andern Körpern sie zu aciden Substanzen umzubilden, ihm gerade diesen Namen gegeben hat, so muß es als höchst merkwürdig und bedeutungsvoll erscheinen, daß keine einzige der Säuren einen gleich großen Gehalt an Sauerstoff

besizt *), als das Wasser, und dennoch dieses nicht die geringsten sauren Eigenschaften zu erkennen giebt.

Eine nothwendige Folge der Symmetrie der *chemischen Qualität* in dem Wasser ist diejenige der *elektrischen Qualität*, denn es ist anerkannt, daß alle Elektricität durch die Qualität der Materie bedingt ist. Und so ergiebt sich, daß, wenn sich Sauerstoffgas und Wasserstoffgas zu Wasser vereinigen, sich zugleich die höchste Intensität der positiven und negativen Elektricität dabei indifferenzirt. Das Wasser ist *also die vollkommenste Indifferenz materieller und elektrischer Polarität.*

Um nun die Erscheinung, daß das Wasser durch gleichzeitige Aufnahme der elektrischen Pole sich selbst in zwei entgegengesezte Zonen theilt, zu verfolgen, wollen wir uns die beiden darin enthaltenen Indifferenzen ihres vollkommenen Gegensatzes willen als zwei Wagschalen im vollkommenen Gleichgewichte denken. Es mag also von einer oder der andern Wagschale ein Theil des Gewichtes hinweggenommen werden, so ist die nothwendige Folge, daß die zweite das Uebergewicht

---

*) Wasser	88,246 Prozent	nach Berzelius.
Ueberoxygenirte Salzsäure	84,867 —	
Salpetersäure . . .	73,575 —	
Schwefelsäure . . .	59,8605 —	
Phosphorsäure . .	56,035 —	
u. s. w.		

erhält und der bisherigen, wechselseitigen Bindung und Abhängigkeit verhältnißmäßig entsagt.

Schon oben wurde erwähnt, daß Volta die Contacts-Elektricität zwischen Metall und Wasser zugab und selbst aufgefunden hatte. Noch mehr elektrische Aufregung wird also statt finden, wenn ein schon freies E mit dem Wasser in Conflict kommt, und die nothwendige Folge davon muß eine Ausgleichung seyn. Bei dem vollkommenen Gleichgewichte der elektrischen Pole des Wassers kann dieser Prozeß aber nicht anders vor sich gehen, als dadurch, daß demjenigen E des Wassers gegenüber, welches bei dem Conflicte mit dem freien E des Metalls sich indifferenzirt, ein gleich intensives entgegengeseztes E frei wird. Nehmen wir speciell an, daß das Metall + E an der Berührungsfläche besitze, so wird das Wasser — E zur Ausgleichung hergeben, besizt jenes aber — E, so wird es vermöge des vollkommnen Gleichgewichts seiner Pole ihm + E darbieten; denn es ist in ihm nirgends eine einseitige Vorliebe zur Positivität oder Negativität vorhanden, und jede seiner Wagschalen von gleichem Werthe. Diese Ausgleichung geschieht aber auf Kosten der elektrischen Indifferenz des Wassers, so daß nun, wenn ihm durch den Pluspol der Säule — E entzogen wurde, + E frei wird, also sein positiv elektrischer Factor das Uebergewicht erhält. Hierdurch entsteht die positive Wasserzone. Wird ihm aber

durch den Minuspol der Säule + E entzogen, so wird — E frei und sein negativ elektrischer Factor erhält das Uebergewicht. So entsteht die negative Wasserzone. Offenbar wäre dieß Verhältniß nicht möglich, wenn nicht das Wasser eine vollkommne Symmetrie seiner Factoren enthielte.

Bei der Berührung zweier Metallplatten erscheint das frei werdende E an der entgegengesezten Oberfläche der Platten. Das Wasser ist aber ein flüssiger und in Vergleichung zu den Metallen ein äußerst schlecht leitender Körper, und so kann auch nur da das freie E sich zeigen, wo es entsteht. Noch mehr wird dieß weiter unten erhellen. Kommen beide Elektricitäten aber in der Mitte zusammen, so indifferenziren sie sich zu o E. *)

---

*) Da in dem menschlichen Körper immer freie Elektricität vorhanden ist, so scheint mir das bekannte Magnetisiren des Wassers, wodurch es den Hell= (d. h. schärfer) Sehenden leuchtend erscheint, in einer solchen Aufregung seinen Grund zu haben. Auch andere Erscheinungen möchten sich daraus erklären lassen, z. E. die Eigenschaft des Wassers auf entzündete Stellen des thierischen Körpers heilend zu wirken rc.

Dritte Abtheilung.

Die Erreger und der feuchte Leiter in Berührung.

Wir sind nun so weit, daß wir die Wechselbeziehung zwischen den Erregern und dem feuchten Leiter betrachten können. Um hierbei möglichst consequent zu Werke zu gehen, wollen wir zuerst erwägen, welche Wirkung es haben wird, wenn nur ein Erreger, also z. B. der Zink, mit dem Wasser in Berührung kommt. Die erste Folge ist ein geringer Grad von Contacts-Elektricität, wodurch diejenigen Wassertheile, welche das Metall berühren, einen Theil der entgegengesezten Elektricität entwickeln und durch Ausgleichung mit der aufgeregten Elektricität des Zinks verlieren. Die weitere Folge ist die nämliche, welche bei der Berührung zweier Platten ungleichartiger Metalle statt hat, der Zink wird nämlich den geringen Grad erregter einseitiger Elektricität von dem neuen Indifferenz- (Contacts-) Punkte an nach entgegengesezter Richtung entwickeln. Dieser Erfolg theilweiser Aufregung wird sowohl im lufterfüllten, als luftleeren Raume vor sich gehen.

Anders ist es aber mit der Oxydation. Wir wissen, daß der Zink, eben so das Kupfer, und ohne Zweifel die übrigen Metalle (nicht aber die Metalloide,) sich durchaus nicht oxydiren, wenn sie nur mit Wasser oder Luft allein bei der gewöhnlichen Temperatur in

Berührung kommen. Dieser Umstand hat einen sehr wichtigen Einfluß auf die theoretische Analyse der Voltaischen Säule. Die elektrische Aufregung, welche nämlich durch den Contact beider Körper, des Zinks und des Wassers allein, statt findet, ist zu gering, als daß das Wasser dadurch zu derjenigen Differenz gelangen könnte, welche zu einer Trennung seiner Pole nothwendig erfordert wird. Aus diesem Grunde ist es unmöglich, daß das Wasser für sich allein die Oxydation bewerkstellige. Die elektrische Aufregung zwischen Luft und Metall, wenn sie ausschließend zusammentreffen, ist aber bei weitem noch geringer, so daß hierdurch noch weniger Oxydation hervorgebracht wird.

Ihre gemeinschaftliche Wirkung hat aber einen stärkeren Erfolg. Denn, wenn auch das Metall durch die unmittelbare Berührung mit dem Wasser keine starke Elektricität entwickelt, so tritt nun die Luft, und zwar die feuchte Luft, die das Metall *) überall umgiebt, mit thätig auf und entzieht dem lezteren nicht nur, vermöge des Gleichgewichts seiner Factoren, die erregte freie Elektricität, wodurch das Wasser und das Metall eine

---

*) Von einer besondern Wichtigkeit für die Oxydation überhaupt scheint mir diejenige kleinste Kugelform zu seyn, welche, wie in der Abhandlung über den materiellen Zusammenhang der Naturreiche vorkommt, das Metall in seinen kleinsten Theilen besizt.

eine stärkere differenzirende Kraft erlangen, sondern sie regt auch selbst Contacts=Elektricität auf, und giebt dadurch dem Wasser Gelegenheit, einen stärkeren Grad von Elektricität dem Metall zu entziehen. Durch diese Wechselwirkung zwischen Wasser, Metall und feuchter Luft wird nach und nach die Erregung zwischen den beiden ersteren bis zu einem bestimmten Grade gesteigert. Der Erfolg ist also, nur mit dem Aufwande einer längeren Zeit, derselbe, als wenn das Wasser mit einem Plattenpaare, anstatt einer einfachen Zinkplatte, in Berührung gesezt worden wäre.

Hierdurch ist der Zink bis zu einem bestimmten Grade deselektrisirt. Wärme wird diesen Prozeß befördern, da sie, wie schon vorkam, die Entwicklung der Contacts=Elektricität begünstigt. Ja ist die Temperatur sehr erhöht, so findet nach bekannten Erfahrungen sogar ohne Gegenwart der Luft durch das Wasser allein Oxydation statt, indem sich dasselbe zerlegt. Die Möglichkeit zur Entwicklung des höchsten Grades der Contacts=Elektricität (der Flächenberührung,) ist in der chemischen Durchdringung (der cubischen Berührung,) gegeben, und so wird es überhaupt nicht mehr auffallen, wenn behauptet wird, daß Entwicklung der Contacts=Elektricität = Tendenz zum chemischen Prozesse ist.

Stellen wir die Thatsachen zusammen, wodurch diese Tendenz entsteht, so finden wir, daß

1) die zwei sich berührende Körper ihren indifferenten Zustand verlieren,

2) daß an den Berührungspuncten o E ist,

3) daß hierdurch + und — E an den entgegengesezten Oberflächen frei werden und nun leicht von außen abgeleitet werden können,

4) daß durch die Störung des indifferenten Zustandes die Körper einen Theil ihrer Selbstständigkeit verlieren, welcher durch die Ableitung des freien E noch vergrößert wird, wodurch es denn kommt, daß sie nun den äußern Einflüssen in einem verhältnißmäßigen Grade hingegeben sind.

Ein solcher äußerer Einfluß für den des elektrisirten Zink ist der Sauerstoff der atmosphärischen Luft. Für sich allein kann das Sauerstoffgas nicht darauf wirken; sobald aber das Wasser das Hinderniß, nämlich den indifferenten Zustand des Zinks, oder mit andern Worten, dessen Gleichgültigkeit gegen den chemischen Prozeß, überwunden hat, ist der Sauerstoff der Luft im Stande, das Metall zu afficiren und sich mit ihm zu Oxyd zu verbinden *).

Dieses ist der Vorgang zwischen dem Zink, dem

*) In wie ferne der Zustand, in welchem sich das Sauerstoffgas hierbei befindet, selbst zur Beförderung des Vorgangs günstig einwirkt, kann erst in der fünften Abtheilung verständlich gemacht werden.

Wasser und dem Sauerstoffgase bei der Oxydation, und es ist sonach keinem Zweifel unterworfen, daß die Ursache derselben der Galvanismus ist. Noch bestimmter und deutlicher zeigt sich der Prozeß, wenn zwei verschiedenartige Metallplatten und Wasser, also eine Kette, in Berührung kommen. Die Contacts-Elektricität ist nun stärker, die Aufregung bis zu dem erforderlichen Grade des deselektrisirten Zustandes geht leichter vor sich, so daß es also dem Sauerstoffe der Luft eher möglich wird, sich mit dem aufgeregten Metalle zu verbinden. Es lassen sich nun leicht folgende Erscheinungen erklären:

1) daß in gewöhnlicher Temperatur eine gewisse Zeit zu der Oxydation des Zinks erforderlich ist. Bei den interessanten vergleichenden Versuchen, welche Reinhold *) über die Oxydation der Metalle unter verschiedenen Umständen angestellt hat, blieben die Körper 20 — 24 Stunden in Berührung;

2) daß die Oxydation beschleunigt wird, wenn zwei heterogene Metalle und Wasser zusammengebracht werden. In diesem Falle vertritt das zweite Metall die Stelle der Luft, die Erregung ist also stärker;

3) daß eine noch größere Beschleunigung statt findet, wenn die Kette geschlossen wird. SWZ gaben in

*) Gilbert's Annalen, X. S. 301.

Reinhold's Versuchen, wenn W gesättigte Kochsalzauflösung war, ohne Schluß schon nach zwei Stunden viel weißliches Oxyd an Z; nach der Schließung aber zeigte sich der Oxydationsprozeß verstärkt, denn nun war die Ableitung, und dadurch der deselektrisirte Zustand, vollkommner.

Wenden wir die gewonnenen Resultate auf die Voltaische Säule an, so ergiebt sich vorläufig, daß die Oxydationstheorie unrichtig ist, weil Oxydation selbst nur vermöge des Spiels der Elektricitäten statt findet, in jener Theorie also die Erscheinung an die Stelle der Ursache gesezt ist.

Vierte Abtheilung.

Die Zerlegung des Wassers.

Bei der im vorigen beschriebenen Wechselwirkung zwischen Zink, Wasser und Luft findet zwar Oxydation, aber keine Zerlegung des Wassers statt, da dasselbe nur als Mittel zum Zweck dabei auftrat. Doch sahen wir, daß es bis zu einem gewissen Grade erregt wurde, allerdings also zur Zersetzung tendirte. Denn auf gleiche Weise ist der Zustand, in welchem sich ein Metall durch Erhitzung befindet, eine Tendenz zum Schmelzen, wenn es gleich verschiedene Grade beider Erregungsarten giebt. In der Voltaischen Säule wird nun das

Wasser wirklich zerlegt, ja in gewissen Fällen sogar ohne Gegenwart von Sauerstoffgas. Wir müssen also das Phänomen dieser Zerlegung hier untersuchen.

Aus dem Bisherigen ergiebt sich schon, daß, da die Elektricität der Erreger die theilweise Aufregung oder Störung des Gleichgewichts im Wasser bewirkte, es nur an dem gehörigen Grade derselben in dem analysirten Falle fehlte, nur die vollkommne Differenzirung herbeizuführen. Der Gasapparat der Voltaischen Säule giebt uns den Beleg zu dieser Behauptung, denn die geladenen Pole der Säule bringen wirklich die Zersetzung zu Stande, so wie es auch schon mit bloßen Elektrisirmaschinen gelingt, sie zu bewerkstelligen. Wir können sie also nirgends besser beobachten, als in diesem Apparate, und hierdurch gelangen wir zugleich zu einer Theorie der in ihm vorgehenden Erscheinungen.

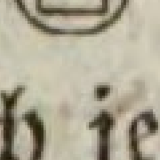
Um uns von dem Vorgange eine deutliche Vorstellung machen zu können, wollen wir uns des Zeichens

○ für Sauerstoff

und des Zeichens

□ für Wasserstoff

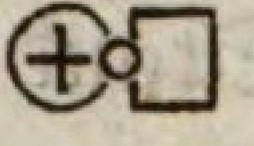
bedienen. Für die Zusammensetzung beider gilt also das Zeichen

 = Wasser,

in welchem man sich jedoch auch die elektrische Indifferenz als schlummernd denken muß. Da wegen des voll-

kommnen Gleichgewichts beider, sowohl materieller als elektrischer Factoren des Wassers, von einem dasselbe gilt, was von dem andern, nur mit entgegengesezten Zeichen, so wollen wir bloß einen Pol — den Pluspol — besonders betrachten, und insbesondere annehmen, daß beide Poldrähte von Platin oder Gold seyen.

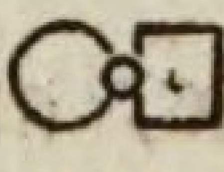
Das überwiegend energische + E des Zinkpols wird also mit dem — E des Wassers sich zu indifferenziren suchen, wodurch das leztere einen Theil seiner Indifferenz verliert. Bildlich kann man diesen Zustand mit den obigen Zeichen auf folgende Weise ausdrücken,



der kleine Ring, welcher den ◯ und □ verbindet, kann als die noch in dem Wassertheilchen übrig gebliebene elektrische Indifferenz betrachtet werden, während das im ◯ befindliche + dasjenige + E ist, welches auf gleiche Weise, wie bei der Berührung zweier heterogener Metallplatten als Contacts-Elektricität erscheint. Das Wassertheilchen, welches sich in diesem Zustande befindet, ist aber mit andern Wassertheilchen in Berührung, und so tritt bei ihm dasselbe ein, was statt findet, wenn zwei verbundene heterogene Metallplatten mit Wasser in Berührung kommen, d. h. sein + E wird abgeleitet. Klar ist, daß diese Ableitung in der Störung des elektrischen Gleichgewichts eines zweiten, dann eines dritten u. s. w. Wassertheilchens beruht, so daß bei der Fortsetzung dieses Prozesses immer das gleiche

Quantum + E wieder frei wird, und sonach im Grunde alle von den Polen gelieferte Elektricität in der Mitte des Gasapparats, wo beide entgegengesezte Elektricitäten zusammentreffen, indifferenzirt wird. Da hierbei ihre Vertheilung von den Poldrähten an immer mehr an Ausdehnung zu-, an Intensität aber abnimmt, so gleicht die elektrische Beschaffenheit der dadurch gebildeten Wasserzone der Divergenz der zwei Schenkel eines Winkels.

Wir wollen nun das Schicksal des Wassertheilchens, das nach der Ableitung seines freien + E das Zeichen



hat, weiter verfolgen. Es besizt eine Tendenz zum chemischen Prozesse, und je bedeutender die Kraft der Pole, also die erste Differenzirung war, desto mehr wird die Positivität und Negativität der materiellen Factoren, nämlich des Wasserstoffs und Sauerstoffs, nunmehr erregt seyn. Nehmen wir willkührlich an, daß nur $^1/_4$ E dem Wasser entzogen wurde, so ist die aufgeregte materielle Polarität auf = $^1/_4$, und sie wird also noch mit überwiegender entgegengesezter Kraft gehalten. Hieraus ergiebt sich, daß die Entziehung der Hälfte des + E oder — E im Wasser nothwendig ist, wenn beide Kräfte sich das Gleichgewicht halten sollen. In diesem Falle aber wird leicht eine äußere Veranlassung den Ausschlag geben. Diese Veranlassung tritt dadurch ein, daß die nun mit der Hälfte ihrer Kraft

erwachte Positivität des Wasserstoffs von der Elektricität des + Drahtes und seiner Wasserzone abgestoßen wird, während zugleich die in derselben Stärke erwachte Negativität des Sauerstoffs von dem + Pole mit gleicher Macht angezogen wird, so daß durch diese gesteigerte Energie das Band der noch bestehenden gemeinschaftlichen elektrischen Indifferenz vollends zerreißt, und diese nun als ½ + E nnd ½ — E den Factoren folgt. Das gleiche, nur mit entgegengesezten Zeichen, ereignet sich am Minuspole der Säule.

Es ist nun die Frage, an welchen Factor sich das halbe + E, und an welchen sich das halbe — E begeben wird. Eine klare Erwägung der Natur der Stoffe, welche wir vor uns haben, und der Naturgesetze überhaupt, läßt uns nicht lange im Zweifel. Was die Natur der Stoffe betrifft, so ist der ○ der Quell aller Negativität, der □ aber der Quell aller Positivität, wir haben also die lezten Gegensätze aller Dinge und die höchste chemische Energie selbst vor uns. Eben darin liegt der Grund, daß beide in diesem reinen Zustande, den wir gewöhnlich durch die Ausdrücke Sauerstoff und Wasserstoff, ohne Zusatz des Wortes Gas, bezeichnen, nie für sich dargestellt werden können, weil die Möglichkeit, einen Gegensatz zu finden, für sie allgegenwärtig ist. Das Suchen dieses Gegensatzes ist eben Naturgesetz,

und so können wir keinen Augenblick zweifeln, daß der negative ○ sich des + E der übrig gebliebenen halben elektrischen Wasserdifferenz, der positive □ aber sich des — E derselben Indifferenz bei der gewaltsamen Losreißung bemächtigen wird. Wir erhalten dadurch die Zeichen:

$\oplus$ = Sauerstoff mit dem + E der halben Wasserindifferenz,

$\boxminus$ = Wasserstoff mit dem — E der halben Wasserindifferenz.

Der weitere Erfolg bestätigt diese Behauptung. Denn, da wir Gold- oder Platindrähte vor uns haben, die sich nicht oxydiren, so nimmt nun der ½ + elektrisirte Sauerstoff oder das $\oplus$ an dem + Drahte vollends das ihm noch fehlende + E auf, und wird dadurch zu Sauerstoffgas. Eben so ist es mit der Entstehung des Wasserstoffgases am entgegengesezten Pole.

Aus diesem Sachverhältnisse ergeben sich nachstehende Folgerungen:

1) Ist die Elektricität der Säule stark genug, so geht der Prozeß in einem Augenblicke vor sich und dauert ohne Unterbrechung und im Verhältnisse zu dieser Kraft fort. Ist die Elektricität schwächer, so wird die Wasserzersetzung längere Zeit — sie wird aber ganz ausbleiben, wenn jene nicht im Stande ist, ½ — oder + E zu indif-

ferenziren. Schwache galvanische Apparate sind häufig in diesem Falle. Sie bedürfen besonderer Reizmittel, wenn Gasentbindung statt finden soll. Wasserzonen werden aber immer gebildet.

2) Die Gaserzeugung findet nur an den Dråhten, nicht aber in der Masse des Wassers statt, weil nur an den Dråhten die Intensitåt der Elektricitåt so stark ist, daß sie die Indifferenzirung eines halben E bewerstelligen kann.

3) Sauerstoff- und Wasserstoffgas sind Produkte der reinen Stoffe mit den entgegengesezten Elektricitåten. Sie sind Neutralitåten, und ihre isolirte Existenz kennen wir bloß in der Idee. Daß sie schon mit + und — E indifferenzirt sind, ergiebt sich auch daraus, daß sie sich beide nicht mit einander verbinden, ungeachtet man sie sich gewöhnlich als die reinsten Gegensåtze der Natur vorstellt. Erst der elektrische Funke regt diesen reinen Gegensatz wieder auf, und nun gleicht sich alle Differenz zu der materiellen und elektrischen Wasserindifferenz wieder aus.

4) Bei der Wasserzersetzung giebt es einen Mittelzustand für Sauerstoff und Wasserstoff; in welchem sie weder reine materielle Factoren, noch Gase sind, sondern ⊕ und ⊟. Dieser Zustand ist ein noch nicht erreichter Gaszustand, also der flüssige. Er ist deßhalb äußerlich im

Wasser nicht erkennbar, wohl aber durch chemische Reaction *). Man kann die Bezeichnungen: flüssiges Sauerstoff- und Wasserstoffgas dafür gebrauchen.

5) Nur aus der Sättigung mit entgegengeseztem E, welche Sauerstoff und Wasserstoff als Gase besitzen, ist ihre Losreißung an den Dråhten begreiflich, da es nun einleuchtet, daß, wenn sie diese Indifferenz und Gleichgültigkeit gegen die starke Polarität der Poldråthe nicht erhalten håtten, nimmermehr eine Losreißung statt finden könnte.

6) Das ganze Quantum der + und — E, welches die Pole liefern, wird in der Mitte der Wasserschicht wieder indifferenzirt, so daß nicht der geringste Antheil davon bei der Wasserzersetzung verloren geht. Nur ein Austausch findet statt, und Sauerstoff — und Wasserstoffgas besitzen also dieselbe Quantität E in ihrem getrennten Zustande, welche zuvor im Wasser als Indifferenz enthalten war. Auch hier giebt es sich kund, welches bewundernswürdige Gleichgewicht der Kräfte überall statt findet.

Es ist nun noch zu sagen übrig, was aus dem ½ —

---

*) Hierher gehören Parrot's Beobachtungen. Gilbert's Annalen, XII. S. 60.

elektrischen Wasserstoff = ⊟ am Pluspole und aus dem ½ + elektrischen Sauerstoff = ⊕ am Minuspole wird, die sich bei der Trennung des ○□ entbinden. Der Zustand des ersteren ist volle materielle Positivität, indifferenzirt durch die halbe elektrische Negativität, also *überwiegende Positivität*, der Zustand des lezteren aber volle materielle Negativität, indifferenzirt durch die halbe elektrische Positivität, also *überwiegende Negativität*. Beide besitzen die flüssige Form. Dem Gesetze gemäß, daß gleichartige Pole sich abstoßen, wird also das ⊟ aus der positiven Zone des Pluspols, das ⊕ aber aus der negativen des Minuspols zu entfliehen streben, und dieß ist die sogenannte *Hinüberführung der Stoffe*, die immer so großen Anstand gefunden hat, und durch deren anfängliche Unbegreiflichkeit, weil man ihr Detail nicht durchschaute, bekanntlich *Ritter* zu seiner hartnäckigen Annahme der Einfachheit des Wassers verleitet wurde.

Gegenwärtig kann keine Schwierigkeit mehr darin gefunden werden, nnd alle Phänomene stehen im Einklange. Das schwierigste war, zu begreifen, wie sich die ihrer Gasgestalt beraubten entgegengesezten Stoffe auf ihrem Wege begegnen könnten, ohne sich wieder zu Wasser zu vereinigen. Die Energie der Batteriepole ist aber stärker, als die Energie, mit welcher sich die beiden Factoren suchen, denn sonst wäre ja die Wasser-

zersetzung selbst unmöglich. Am deutlichsten sehen wir dieß an der Zersetzung der Salze. Die Kraft der Pole ist so überwiegend, daß bekanntlich Säure und Alkali in einem und demselben verbindenden feuchten Fleischfaden sich begegnen können, ohne sich wechselseitig zu binden. Die Säure erscheint am + Pole, das Alkali am — Pole. — Sobald aber die Einwirkung der Drähte aufgehoben wird, vereinigen sich allerdings diejenigen ⊕ und ⊟ zu Wasser, welche noch ihren Halbzustand besitzen. Die flüssige Gestalt dieser Halbwesen darf uns zu keinem Zweifel veranlassen, besonders nachdem es der neueren Zeit (Faraday,) gelungen ist, Körper, welche man sonst für permanent elastische Gasarten betrachtete, z. B. Kohlensäure, Chlorin u. s. w. sogar auf mechanischem Wege, durch bloßen Druck, in Flüssigkeiten zu verwandeln. Was aber durch den mechanischen Druck bei Sauerstoff- und Wasserstoffgas nicht gelang, bewirkt auf chemischem Wege die zersetzende Kraft der Voltaischen Säule. Auch Thenard's *) oxygenirtes Wasser gehört hierher.

So wenig das Sauerstoffgas, das am Pluspole sich entwickelt, an einer andern Stelle des Gasapparats erscheinen konnte, als an seinem correspondirenden Poldrahte, eben so wenig wird das aus gleicher

---

*) Schweigger's Journal der Chemie und Physik, XXIV. S. 257.

Ehe hervorgehende ⊟ an einer andern Stelle zu Wasserstoffgas. Denn die Strömung dieser Halbwesen geht mit Macht und dem geradesten Wege nach dahin, wo sie die Ergänzung ihres Zustandes erhalten können. Wir brauchen also kein besonderes fluidum deferens, ein Galvanique, wie es Fourcroy, Vauquelin und Thenard annahmen, um sich die unsichtbare Hinüberführung des Sauerstoffs und Wasserstoffs als möglich zu denken.

Auch die Gleichzeitigkeit der Erscheinung der Gase (unter gleichen Bedingungen,) zeigt sich nun als nothwendig. Denn beide Pole der Säule sind symmetrische Gegensätze, und eben so die Factoren des Wassers. Die lezteren müssen also durch den gleichen Grad der Intensität der ersteren auf gleiche Weise erregt werden, so daß alles im Gleichgewichte bleibt. Subtrahirt man von gleichen Größen gleiche Zahlen, so sind auch die Reste sich gleich. Ritter *) hatte sich die Sache selbst erschwert. Er glaubte diese Gleichzeitigkeit nicht anders nehmen zu dürfen, als für ein Zugleichseyn eines und desselben Wasseratoms an beiden Drähten, so daß dasjenige Sauerstoffgas, welches am +Pole entsteht, mit demjenigen Wasserstoffgase, welches in demselben Momente am —Pole erscheint, aus einem und demselben Wassertheil-

*) Gilbert's Annalen, IX. S. 270.

chen entstehe. Eine klare Einsicht in die Symmetrie der Wasserindifferenz und die gleiche Intensität der Pole hätte ihm das Räthsel lösen müssen. Sein Hauptbeweis für die Einfachheit des Wassers, der jedoch immer nur ein negativer blieb und sonach als Einwurf gegen das Hinüberführen der Stoffe hier berücksichtigt werden muß, bestand bekanntlich in einem Experimente, in welchem er die Wasserschicht des Gasapparats durch eine Schicht concentrirter Schwefelsäure trennte. Er nannte diese Anordnung eine Separation und wollte dadurch ausdrücken, daß nun die Wirkungen beider Drähte völlig von einander geschieden und unabhängig gemacht seyen *). Die Gaserzeugung ging bei dieser Anordnung auf gleiche Weise wie gewöhnlich vor sich. Es ist aber leicht, zu zeigen, wo der falsche Schluß liegt, den Ritter daraus folgerte. Denn einmal muß Wasserzersetzung auch unabhängig von dem Hinüberführen der Stoffe, welches bloß secundärer Art ist, vor sich gehen, weil, wie gezeigt wurde, der eine Factor als Gas erscheint, ehe der andere sichtbar wird und hinübergeführt ist. Das hinübergeführte ⊟ kommt

---

*) Die Idee einer solchen Separation enthält schon einen Widerspruch in sich selbst. Denn sollen die Pole von einander unabhängig gedacht werden, so kann dieß bloß durch Isolation geschehen, dann hört aber jede Wirkung auf; wirken sie aber aufeinander, so ist es keine Separation.

nämlich am —Pole immer später als Gas zum Vorschein, als das ihm correspondirende und aus dem gleichen Wassertheilchen entstandene Sauerstoffgas am +Pole. Eben so verhält es sich mit dem ⊕ und dem Wasserstoffgase. Zweitens aber wird das wirkliche Hinüberführen der Stoffe weder durch eine feuchte Fleischfaser, noch durch einen nassen Kork, noch endlich durch concentrirte Schwefelsäure verhindert. Bei ersteren beiden ist es für sich klar, da die Verbindung theils selbst wieder durch Wasser, theils durch die befreundete und feuchte Muskelfaser geschieht; zumal ist der mechanische Widerstand des Korks gegen die mächtige anziehende Kraft des entgegengesezten Pols, wie wir aus ähnlichen Fällen wissen, ganz unbedeutend. Die anscheinende Schwierigkeit bei der Anwendung der Schwefelsäure, der Umstand nämlich, daß durch den Durchgang des Wasserstoffs kein Schwefel niedergeschlagen werde, löst sich aber gleichfalls, durch einen Blick auf Davy's interessante und schon oben im Vorbeigehen erwähnte Versuche *), Er zeigte, daß die zersetzende und fortführende Kraft der Voltaischen Säule überhaupt so stark ist, daß die Bestandtheile der zusammengesezten (also auch des Wassers,) selbst durch chemische Media

*) G. J. Singer's Elemente der Elektricität und Elektrochemie, aus dem Englischen von C. H. Müller, Breslau, 1819. S. 218.

Media hindurchgeführt werden können, die eine große Verwandtschaft für sie haben. Nimmt man drei Gefäße, von denen man das mit dem negativen Pole verbundene mit schwefelsaurem Kali, das mittlere mit einer Ammonium-Auflösung, und das mit dem positiven Pole verbundene mit Wasser füllt, so geht die Schwefelsäure aus dem negativen Gefäße durch das Ammonium des mittleren, ungeachtet dessen großer Verwandtschaft zu ihr, in das Wasser des positiven Gefäßes und sammelt sich hier an. Auf gleiche Weise können Säuren und Alkalien durch Flüssigkeiten, die mit empfindlichen vegetabilischen Farben, z. B. Lackmus, gefärbt sind, gehen, ohne diese Farben zu verändern.

Alle diese Erscheinungen lassen uns nur auf einen überwiegenden Grad der Intensität der elektrischen Pole des Voltaischen Apparats schließen, durch welche uns eben auch die Wasserzersetzung selbst klar wird.

Eine der interessantesten Erscheinungen, welche hierher gehören, und deren Schwierigkeit sich nun gleichfalls löst, sind die Versuche Erman's *) mit Mitteldrähten im Gasapparate. Er hatte zuerst die Abtheilung des die Pole verbindenden Wassers in polarisirte Zonen gezeigt. Brachte er nun mehrere Drähte, die sich nicht berührten, in Aufeinanderfolge in den

*) Gilbert's Annalen, X. S. 12.

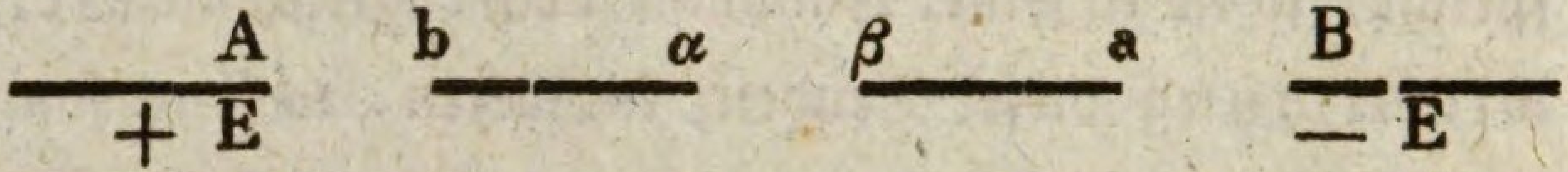
Gasapparat, so zeigte jeder derselben, obgleich er nur die Elektricität seiner Zone hatte, dennoch doppelte Gasentbindung, und zwar Wasserstoffgas an jedem dem + Pole, und Sauerstoffgas oder resp. Oxydation, an jedem dem — Pole zugewendeten Ende. Allerdings mußte diese Erscheinung, besonders in den verwickelten Fällen, welche Erman durch Modification des Apparats zu veranlassen wußte, auffallend seyn, da man den anscheinenden Widerspruch vor sich sah, daß + elektrischer Draht auch Wasserstoffgas, und ein — elektrischer auch Sauerstoffgas entwickeln konnte. Erman leitete daraus den paradoxen Satz ab: Es existirt kein beständiges Verhältniß weder zwischen wahrgenommenem — E und Gaserzeugung, noch zwischen wahrgenommenem + E und Oxydation. Die Ansicht aber, welche er zur Erklärung des Phänomens aufstellte, ist nicht haltbar. Er nimmt an, daß ein Draht, der durch das Elektrisiren des Theils der Wassersäule, worin er sich befindet, + oder — E erhalten hat, doch zugleich die vertheilende Wirkung der Batteriedrähte an einem Ende —, am andern + zu werden strebe. Dieß rühre von der allgemeinen Wirkung der Batterie her, die überall Polarität zeige.

Unmöglich kann darunter etwas anderes verstanden werden, als daß ein Mitteldraht, der sich z. B. in der + Zone befindet, im Ganzen +, seinen En-

den nach aber + und —, zugleich also an einem und demselben Ende + und — E seyn könne. Denn, wenn Erman auch nur von einer bloßen Tendenz spricht, so ist in seiner Annahme doch zugleich die Verwirklichung dieser Tendenz enthalten, weil ja sonst unmöglich wirklich die entgegengesezten Gasarten an einem und demselben + oder — Drahte entstehen könnten. Eine solche Coexistenz entfesselter und frei wirksamer entgegengesezter Pole in einem Punkte existirt aber nirgends, auch nicht in den einzelnen Ketten der Voltaischen Säule, sowie nicht in dem Magnete. Wenn auch jedes einzelne Stückchen eines Magnets + und — zeigt, sobald es vom Ganzen getrennt wird, so hat doch jede Hälfte des Ganzen vor dieser Trennung nur eine einzige, entschiedene Polarität; und eben so an der Voltaischen Säule.

Die klare Einsicht in das Wesen der Wasserzersezung durch die entgegengesezten Drähte löst diesen allerdings paradoxen Fall, der in der That der schwierigste bei der ganzen Wasserzersetzung ist. Ich habe ihn gerade deßhalb gewählt, weil er gleichsam einen Prüfstein der entwickelten Theorie der Wasserzersetzung abgiebt. Wir wollen zur Erklärung einen einfachen Fall, nämlich zwei Mitteldrähte annehmen, da sich ohnedem alle zusammengesezten Fälle darauf reduciren. Hierdurch erhalten wir folgende Anordnung, welche man sich als in einer gemeinschaftlichen, mit Wasser

gefüllten Röhre befindlich, denken muß. A und B sind die Poldrähte der Batterie und also über die Röhre hinaus verlängert.



A, α und a erzeugen nun, wenn die Drähte nicht oxydirbar sind, Sauerstoffgas, (außerdem Oxyd,) B, β und b Wasserstoffgas. Die mittlern Gasentbindungen erscheinen also bloß wie eingeschaltet, aber nach dem gewöhnlicheu Polaritätsgesetze, daß auf + immer — folgt, so daß man sich die vier Drähte überhaupt als vier Magnete denken kann. Diese Vergleichung ist in der That vollkommen richtig, wenn man die galvanische Action nicht in den Drähten, sondern in ihrem wahren Elemente, dem Wasser, aufsucht. Denn allerdings polarisirt nun ein (chemischer) Pol den andern, und zwar auf solche Weise, wie wir bald sehen werden.

Daß die Intensität der freien Elektricität, abgesehen vorerst von ihrem Geschlechte, an den Polen der Batterie, also an A und B stärker seyn wird, als in den Drähten bα und aβ, ist keinem Zweifel unterworfen, weil die Mitteldrähte der Natur der Sache nach bloß solche Elektricität haben können, die ihnen vermöge des Wassers mitgetheilt wurde, und die elektrischen Zonen selbst in diesem Verhältnisse an Elektricität abnehmen. Ganz übereinstimmend damit sind

die Versuche Huth's *), obgleich sie aus einem ganz andern Gesichtspunkte angestellt wurden. Sie beweisen, daß in den mittelsten Gliedern einer aus mehreren (mit Wasser gefüllten,) Röhren bestehenden Verbindung, sowohl die Gaserzeugung, als die Oxydirung am schwächsten ist. In der mittelsten Röhre seiner über 400 Zoll langen Verbindung trat bei Anwendung einer Säule von 100 Schichten preußischer Viergroschenstücke und gleich großer Zinnplatten, die chemische Wirkung erst nach einer halben Stunde ein.

Wir gehen nun auf das Einzelne der zu untersuchenden Erscheinung über. Der erste Erfolg ist eine theilweise Aufregung des Wassers, wie in dem gewöhnlichen Falle, indem sich die freie Elektricität nach dem Grade ihrer Stärke damit indifferenzirt. Je näher sich die Drähte an den Polen befinden, desto stärker ist die Aufregung und umgekehrt. Da aber in der + Zone die Drähte nur + E besitzen, so werden alle betreffenden Wassertheile daselbst — E verlieren, und umgekehrt. An den Poldrähten selbst beträgt dieser Verlust ½ — oder ½ + E, weil dieß überhaupt das Maximum der elektrischen Aufregung im Gasapparate ist, und wir wissen, daß bei diesem Grade unmittelbar Zersetzung und Gaserzeugung erfolgt. Nehmen wir nun dem obigen gemäß an, sie betrage an den Mittel-

*) Gilbert's Annalen, X. S. 43.

dråhten weniger, so daß also keine Zersetzung erfolgen kann, so ergiebt sich, daß in der positiven Zone zur Verwirklichung der Trennung der Factoren nichts gehört, als die Entziehung von mehr — E, und in der negativen Zone die Entziehung von mehr + E. Wir wollen nun einen speciellen Pol betrachten. Wir wissen, daß von dem + Poldrahte A Wasserstoff, dem $\frac{1}{2}$ — E fehlt, = ⊟ fortgestoßen wird, und daß dieses ⊟ auf dem kürzesten Wege zu dem fehlenden $\frac{1}{2}$ — E zu gelangen strebt. Kommt es nun bei der Spitze des nächsten Mitteldrahtes bα an, so wird es also den dort befindlichen Wassertheilchen, welche schon stark differenzirt sind und zur Zersezung tendiren, sich aber nicht entfernen können, weil weder ihrer Positivität noch Negativität ein Ausschlag gegeben ist, vermöge seiner energischen Positivität — E entziehen und sie nun auf gleiche Art in ⊟ und ⊕ verwandeln, wie die Poldråhte selbst es thun. Denn ⊟ ist Positivität und wirkt also eben so, wenn es die gehörige Gelegenheit findet, wie + E, d. h. entzieht — E. Da die Wassertheilchen an den Dråhten in einem weit höheren Grade aufgeregt sind, als die übrige Wassermasse, weil Metall ein weit besserer Leiter ist, als das Wasser *), und weil es deßhalb weit mehr Elektri-

---

*) Cavendish sezt fest, daß Eisendraht 400 Millionen Mal besser leitet, als Regen- oder destillirtes Wasser. Singers Elemente u. s. w. S. 259.

cität aufnimmt, so kann auch nur an den Dräthen selbst dieser Prozeß statt finden. Die Folge der Action aber, daß das von A kommende ⊟ dem aufgeregten Wasser des Mitteldrahts, welches überall unter dem Zeichen ○∘□ gedacht werden muß, (nur mit größerer oder geringerer Auflösung seiner mittleren Indifferenz,) sey es an den positiven oder negativen Dräthen, — E entzieht, ist, daß nun das ⊟ sowohl des aufgeregten Wassertheilchens, als auch das von dem Pole A herübergekommene ⊟ selbst, zu Wasserstoffgas werden und an der Spitze des + Drahtes bα erscheinen. Der Prozeß ist continuirlich, da die Aufregung der Mitteldräthe ununterbrochen vor sich geht und das herüberkommende ⊟ also immer Gelegenheit findet, sowohl Wasserstoffgas auszuscheiden, als sich selbst in Gas zu verwandeln.

Es fragt sich nun, wohin das ⊕, welches aus diesem Prozesse entspringt, sich wenden wird. Offenbar nach dem Pole A und nicht nach β, weil dort die Positivität am nächsten ist und also das ⊕ mit der größten Energie an sich zieht. Hieraus folgt, daß A und b zusammengehören und eine gleiche Quantität Gas entwickeln müssen, sowie B und a, und α und β. Die Bestätigung finden wir in Huth's Versuchen. Denn er ordnete den Apparat so an, daß Ab, $\alpha\beta$ und aB sich in drei besondern Wasserröhren befanden, so daß also bα und βa in der Mitte getrennt

und daselbst nur zusammengehakt waren; oder, mit andern Worten, richtet man mehrere, mit Wasser gefüllte Glasröhren vor, die mit Korkstöpseln an den Enden geschlossen sind, durch welche Metalldrähte gehen, d. h. also mehrere einzelne Gasapparate, und verbindet man sie mit einander, so giebt jede Röhre die beiden Wasserfactoren, ungeachtet die Drähte und das Wasser der einen Hälfte der Apparate bloß +E, die der andern bloß — E besitzen.

Es erklärt sich nun auch, warum jeder Mitteldraht wohl an seinen Enden, nicht aber in seiner Mitte Gasentbindung zeigt, wodurch der trügliche Anschein einer Indifferenz entsteht. Eine solche Indifferenz ist nicht vorhanden, sondern nur Null der chemischen Action. Es würde auch Gasentbindung in der Mitte statt finden, wenn nicht ⊟ und ⊕ schon an den Enden der Drähte Gelegenheit fänden, sich in Gas zu verwandeln. Der Beweis davon ist in Erman's Versuchen selbst enthalten. Denn, leitet man die beiden Drähte der Batterie in eine flache Schale, in welcher einige Linien hoch sich Wasser befindet, und legt man zwischen beide Enden einen vollkommen polirten Draht so, daß er sich gegen die Richtung der Batteriedrähte neigt, so wird die sogenannte Indifferenzzone immer geringer, je größer der Winkel wird. Die Gas- und Oxyderzeugung nimmt aber deßhalb nicht zu. Wenn man endlich den Mitteldraht so um seinen Mit-

telpunkt dreht, daß er mit der verlängerten Richtung der Batteriedrähte einen rechten Winkel macht, (im galvanischen Aequator liegt,) so theilt sich der ganze Mitteldraht nun der Breite nach in die drei erwähnten Zonen. Die ganze dem Gaspole gegenüberliegende Fläche oxydirt sich, und die dem Oxydpole entgegengesezte giebt einen zarten Schaum, der von Gaserzeugung herrührt. Oft erhielt Erman auf diese Art an der Wasserstofffläche des messingenen Mitteldrahts eine äußerst schöne dendritische Vegetation von einem fast schwarzen Kupferoxyd, das durch den Wasserstoff zum Theil reducirt war. Diese oft 4 — 5 Linien langen Dendriten nahmen immer nach dem Oxydpole der Batterie (nach A,) ihre Richtung. Aber eben dieser Umstand, den Erman für schwer zu erklären hielt, beweist, daß, wie oben entwickelt wurde, A und b zusammengehören.

Ganz auf gleiche Weise lösen sich die Erscheinungen, welche in den complicirteren Röhren der Erman'schen Versuche statt haben. Man darf sich nur nicht vorstellen und zu der Ansicht verleiten lassen, daß die Enden jedes Drahts zusammen gehören, und daß die Oxydation und Gasentwicklung, welche sich in den meisten Fällen an diesen Enden zeigen, von einander abhängig sind. Oft zeigen auch zwei Enden (in zwei Röhren,) beide entweder bloß Sauerstoffgas oder bloß Wasserstoffgas. Die Drähte thun überhaupt nichts,

als daß sie die Elektricität verpflanzen, und der Prozeß beginnt nun auch an dem Orte der Verpflanzung *) unter gleichen Gesetzen.

Wie viel Elektricität in einem einfachen Gasapparate unbenuzt verloren geht, sieht man an diesen Versuchen. Denn diejenige Elektricität, welche die Polardrähte der Säule schon verlassen hat und deßhalb in dem einfachen Gasentbindungsapparate keine Wirkung mehr hervorbringt, sondern sich in der Mitte indifferenzirt, wirkt bei Anwendung der Mitteldräthe neue Wasserzersetzung, und man hat sonach in den lezteren ein Mittel, die von der Säule producirte Elektricität möglichst zu benützen.

Uebersehen wir das über die Wasserzersetzung bis-

*) Hier zeigt es sich auch, was die Rittersche Ladungssäule ist. Sie besteht aus wechselnden Lagen nur eines Metalls und reinen Wassers, womit Pappscheiben getränkt sind. Wenn sie in die Kette der Voltaischen Säule gebracht wird und einige Zeit darin blieb, so giebt sie nach aufgehobener Verbindung eben die Erscheinungen, obwohl schwach und kurz dauernd als die Voltaische Säule selbst. Diese Ladungssäule ist nichts anders, als eine andre Form des Ermanschen Gasapparats mit Mitteldrähten; die Platten nehmen dann die Stelle der Ermanschen Drähte ein. Daraus erklären sich ihre Erscheinungen und das Räthsel löst sich also sehr einfach.

her Vorgetragene mit einem Blicke, so ergiebt sich, daß der ganze Prozeß leicht aufzufassen ist, wenn man sich an folgendes dabei erinnert:

1) daß das Wasser die Indifferenz materieller und elektrischer Polarität ist, und daß die darin enthaltenen Factoren sich auf das vollkommenste das Gleichgewicht halten;

2) daß ein überwiegender Grad von elektrischer Intensität, wie ihn die Voltaische Säule aus Zink und Silber oder sonst gute Erreger herbeiführen, dem Wasser + oder —E entzieht und dadurch eine Differenz begründet, d. h. eine Tendenz zum chemischen Prozeß in ihm erregt;

3) daß das dadurch frei werdende — oder +E von dem umgebenden Wasser abgeleitet wird, und zwar nach den in der ersten Abtheilung entwickelten Gesetzen. Die Folge davon ist, daß das Resultat der Ableitung, nämlich ○∘□, ein ganz gleiches ist, mag die ursprüngliche Aufregung von +E oder —E ausgegangen seyn;

4) daß nur die Entziehung eines halben + oder —E der elektrischen Wasserindifferenz die völlige Trennung der Factoren herbeiführen kann.

Es wird nunmehr verständlich seyn, wenn wir für die Erkenntniß der Natur des Wassers, von der alle diese Verhältnisse abhängen, folgendes Schema der Verwandtschaft seiner Factoren geben:

Sauerstoffgas

Negativität { Sauerstoff / — E } ✕ { + E / Wasserstoff } Positivität

Wasserstoffgas.

Das Multiplicationskreuz erzeugt Wasser, in welchem die entgegengesezten Pole sich durchdrungen und ausgeglichen haben, und in welchem eben deßwegen alle äußeren Bezeichnungen verschwunden sind. Lösen wir es, so erhalten wir Sauerstoffgas und Wasserstoffgas, in welchen Negativität und Positivität aufs neue, aber auf beschränktere Weise, zu Indifferenzen geworden sind.

Noch bedeutungsvoller erscheint die Natur des Wassers und die Vollkommenheit seiner Indifferenz, wenn wir diesem Verwandtschafts-Schema gegenüber auch die innern Zahlenverhältnisse betrachten, worauf jene Verwandtschaft beruht. Nämlich:

1) dem Volumen nach sind Sauerstoff und Wasserstoff im Wasser = 1:2. Der Gegensatz heißt hier Contraction und Expansion;
2) dem specifischen Gewichte nach = 88,25: 11,75. Der Gegensatz heißt Extensität und Intensität;
3) — E erzeugt, wenn es aus spitzigen Leitern durch Luft strömt, ein kleines Sternchen, das die Spitze nur genau in ihrer Nähe umgiebt, leuchtet

also bloß, (= Planetenlicht;) + E dagegen einen langen Strahlenbüschel, (= Sonnenlicht.) Der Gegensatz heißt wieder Contraction und Expansion; *)

4) die Verhältnißzahlen beider E in ihrer Verbindung müssen denen der Stoffe entsprechen, weil sie selbst erst aus der Qualität derselben hervorgehen. Der Gegensatz heißt also wieder Extensität und Intensität.

Und so zeigt denn jeder Factor eine innere (nach innen gerichtete,) und eine äußere (nach außen gerichtete) Polarität, die auf den allgemeinen Gegensatz von Inhalt und Form zurückkommt.

Kaum bedarf es einer Erwähnung, daß auch alle übrigen Neutralitäten außer dem Wasser, (z. B. die Salze,) so wie überhaupt alle Producte, dieselbe innere Natur, nur mit verschobener Symmetrie **),

---

*) Hieher gehört auch eine interessante Beobachtung Ritters. Er fand, daß der Minuspol der Säule auf der Oberfläche des Quecksilbers ein Sternchen von schwarz oxidirtem Quecksilber erzeuge, der Pluspol aber eine kreisrunde Figur. Gilberts Annalen IX. S. 347.

**) Ich behalte mir vor, über das wichtige Verhältniß zwischen der materiellen und elektrischen Polarität der übrigen Körper in der Folge noch meine Ansichten mitzutheilen. Ich unterließ es bei mehreren Aufforderungen, welche sich mir in gegenwärtiger Abhandlung darboten, absichtlich,

besitzen, und daß ihre Factoren auf gleiche Weise einzeln entstehen, wie die Factoren des Wassers, also auch verhältnißmäßig auf gleiche Weise mit + oder — E indifferenzirt sind. Und so zeigt sich die elektrische Polarität überhaupt als ein Surrogat der materiellen, und jede Aufregung der Elektricität zeigt sich auch hier als Aufregung zum chemischen Prozesse.

Fünfte Abtheilung.

Die Oxydation in der Voltaischen Säule.

Es ist oben schon nachgewiesen worden, daß die Erscheinungen zwischen den einzelnen Plattenpaaren der Voltaischen Säule dem Wesen nach dieselben sind, als diejenigen des Gasapparats, ja daß jeder feuchte Leiter zwischen diesen Plattenpaaren gar nichts anderes vorstellt, als eine solche Vorrichtung. Der Unterschied ist nur derjenige, daß im eigentlichen Gasapparate die angesammelte Elektricität der ganzen Säule zusammenkommt, und daß also, weil er von außen Elektricität erhält, der Prozeß der Wasserzersetzung auch statt findet, wenn auch die Drähte nicht oxydirbar, sondern von Platin oder Gold sind, während die Erre=

---

um keine Verwicklung zu veranlassen. Bei jener Gelegenheit werde ich aber auch dieser besondern Beziehungen gedenken.

ger der einzelnen Ketten durchaus aus heterogenen Metallen, wovon das eine des Oxydationsprozesses fähig ist, bestehen müssen. Beide, der Gasapparat und die Ketten, unterscheiden sich also nur durch die Oxydation von einander, welche in den lezteren nothwendig ist, in jenem aber nicht, und es ist daher wichtig, zu erkennen, welche Folgen aus diesem Prozesse für die Wirkungen der Säule hervorgehen.

Bei dieser Untersuchung ist es vortheilhaft, ja unerläßlich, zuerst die wichtigen Thatsachen zu combiniren,

1) daß der Zink und andere Metalle nicht oxydirt werden können, wenn sie mit reinem Wasser oder mit Sauerstoffgas allein in Berührung kommen,
2) daß auch eine Voltaische Säule keine Wirkungen zeigt, wenn der feuchte Leiter reines Wasser, und aller Einfluß des Sauerstoffgases der Luft abgeschnitten ist;
3) daß beide Erfolge, sowohl Oxydation des Zinks, als die Wirkungen der Säule, auch ohne Gegenwart des Sauerstoffgases statt finden, wenn das Wasser mit starken, oxydirenden Säuren versezt wird.

Diese Phänomene müssen in einem solchen Zusammenhange stehen, daß aus ihrer Erkenntniß auch die Erkenntniß der Wirkungsart der Säule sich ergeben muß. Deßhalb wird es zweckmäßig seyn, den Einfluß des reinen Wassers, dann des Wassers und

Sauerstoffgases in Gemeinschaft, und endlich der oxydirenden Säuren auf die Wirkungen der Voltaischen Batterie im Einzelnen zu betrachten.

1) Säulen mit reinem Wasser als feuchten Leiter, ohne Mitwirkung der Luft.

Wir sahen in der vierten Abtheilung, daß ein hinlänglich starker Grad von Elektricität vorhanden seyn muß, wenn das Wasser in seine Factoren zerlegt werden soll. Erwägen wir nun, daß zwei heterogene, sich berührende Metallplatten einen nur sehr geringen Grad des freien E entwickeln, der nach Volta nicht größer ist, als 1/60 Grad des Strohhalm-Elektrometers, und denken wir uns die Plattenpaare mit dem reinem Wasser in einem luftleeren Raume zusammengeschichtet; befreien wir uns dabei von Volta's unrichtiger Vorstellung der Elektricitäts-Verstärkung durch Impulsion, überblicken wir überhaupt das klare Sachverhältniß, wie es ohne Illusion aus den uns bekannten Thatsachen nothwendig sich ergeben muß, so kann es uns nicht entgehen, daß durch Aufeinanderhäufung der Ketten in den angegebenen Umständen durchaus nichts anders erfolgen kann,

als daß der feuchte Leiter einen nur geringen Grad der Contacts-Elektricität ableitet und sich damit indifferenzirt, nun aber nicht weiter aufgeregt werden kann.

Denn

Denn zu einer höhern Differenz kann er nicht gelangen, weil der Vorrath des freien + und — E erschöpft und auch keine äußere Veranlassung zur Aufregung einer stärkeren elektrischen Differenz der Platten, z. B. vermehrte Wärme u. dgl. vorhanden ist. Die Folge ist also die, welche auch durch das Experiment, nämlich durch die Versetzung einer mit reinem Wasser errichteten Säule in einen sauerstoffleeren Raum, bestätigt ist, — die Säule äußert kein Zeichen ihrer magischen Thätigkeit.

Hieraus ergiebt sich, daß alle Theorien der Voltaischen Säule auf Illusionen beruhen, welche entweder

1) die Wirkungen derselben von den Erregern allein herleiten und das Wasser sich nur als einen gleichgültigen Zwischenleiter denken, oder welche auch überhaupt

2) die Ursache der Wirkungen in den heterogenen Metallen und der reinen Natur des Wassers allein suchen, also von der Ansicht ausgehen, daß SZW, wenn man sich, wie man bei reinen Untersuchungen doch muß, reine Körper und in einem solchen Zustande darunter vorstellt, wie sie sich in den durchgängig angenommenen Fällen befinden, auf irgend eine Art eine Kette oder eine Voltaische Säule zu bilden im Stande seyen.

Gerade in den Erscheinungen, welche man bisher bei allen Theorien als zufällig betrachtete und unbeach=

tet ließ, muß also der lezte Grund aller Wirkungen gesucht werden. Deßhalb ist es nothwendig, diese äußern Einflüsse aufzusuchen und zu analysiren.

2. Säulen mit reinem Wasser als feuchten Leiter, unter Mitwirkung der Luft.

Als der wichtigste dieser äußern Einflüsse, welcher durch sein alleiniges Hinzukommen eine mit reinem Wasser aufgebaute Säule zur galvanischen Action zu bringen im Stande ist, erscheint das Sauerstoffgas, sowohl für sich allein, als auch in der athmosphärischen Luft, oder als oxydirt salzsaures Gas. Diese Erfahrung, welche zuerst Haldane *) machte, wurde wegen ihrer Sonderbarkeit von vielen andern unter allen Abänderungen weiter untersucht und festgestellt, so daß sich daraus als Resultat ergab, daß die durch das Hinzukommen des Sauerstoffgases erregte Elektricität der bloß reines Wasser als feuchten Leiter enthaltenden Säule desto beträchtlicher ist, je energischer dasselbe dabei auftreten kann. Einen sehr interessanten und sprechenden Versuch darüber stellte Davy **) an. Zehn Plattenpaare Zink und Silber wurden mit Kitt so über einander befestigt, daß ein Paar das andere nirgends berührte, und daß die Zwischenräume, die sonst das nasse Tuch einnimmt, jezt

*) Gilbert's Annalen, VII. S. 192.

**) Ebendas. VIII. S. 9.

bloß mit Luft oder mit einer andern Gasart, (Nichtleitern des Galvanismus,) gefüllt waren, welcher ein freier Durchzug offen blieb. Eine Röhre voll Wasser stand mit den Endplatten durch Silberdrähte in Verbindung. Als Davy diese Säule, ohne sie vorher zu befeuchten, in ein mit einem Stöpsel versehenes Glas voll oxydirtem salzsauren Gase brachte, zeigte sich keine Wasserzersetzung; auch dann nicht, als sie in Wasser getaucht und sodann der Einwirkung der athmosphärischen Luft ausgesezt wurde, obgleich nun alle gewöhnlichen Bedingungen vorhanden waren. Die galvanische Kraft war zu unbedeutend, um Wasser zersetzen zu können. Dagegen begann augenblicklich die lebhafteste Gaserzeugung und Oxydation im Gasapparate, als nach der Anfeuchtung die Säule in das oxydirt salzsaure Gas gebracht wurde.

Was die verschiedene Menge des Sauerstoffgases betrifft, welches die Säulen verzehren, so ist nachgewiesen, daß sie davon mehr aufnehmen, wenn sie geschlossen, als wenn sie ungeschlossen sind. Auffallend bleibt es immer, daß man der Ursache dieser merkwürdigen Erscheinung nicht weiter *) nachforschte, wozu

*) An Versuchen darüber hat es zwar, wie gesagt, nicht gefehlt, wohl aber an der ernstlichen Erwägung der Erscheinung Behufs einer naturgemäßen Theorie der Voltaischen Säule. Denn, wenn auch von Arnim behauptete, daß

schon die Aufstellung einer richtigen Oxydationstheorie hinlängliche Veranlassung gegeben hätte.

Die Oxydation des Zinks geht in der Voltaischen Säule auf gleiche Weise vor sich, als in einer einfachen Kette, nämlich durch Ableitung der in den Metallplatten befindlichen + und — Contacts-Elektricitäten, wodurch das Sauerstoffgas der Luft in den Stand gesezt wird, sich mit dem Zink zu Oxyd zu verbinden, wie es in der dritten Abtheilung gezeigt wurde. Das Oxyd als solches ist aber der Kraft der Säule hinderlich *)

---

das oxydirende Metall den nöthigen Sauerstoff einzig aus der Luft ziehe, so wurde man doch durch die Thatsachen, daß das Wasser zwischen den Ketten zerlegt werde, und daß man Säulen bauen könne, die gar keiner Luft bedürfen, wieder vom Wege abgeleitet. Ritter behauptete sodann, der Sauerstoff der Luft übe eine Ziehkraft auf den im Wasser enthaltenen Wasserstoff aus und befördere auf diese Art, indem er sich damit zu Wasser verbinde, die Oxydation. Die Ziehkraft ist aber unzweifelhaft auf Seiten des im Wasser schon enthaltenen Sauerstoffs, der den Wasserstoff so lange fest hält, bis überwiegend mächtige Potenzen, wozu das Sauerstoffgas am wenigsten selbst gehören kann, beide von einander trennen. Die Ansicht Ritter's findet man in dessen physisch-chemischen Abhandlungen, 1806. I. S. 227.

*) Es ist bekannt, daß die Platten immer vom Oxyd gereinigt werden müssen, um wieder starke Wirkungen zu geben.

und so erhellt, daß es nicht in der Masse desselben liegen kann, daß die Säule geladen wird, sondern daß in dem Prozesse der Oxydation die Entstehung der galvanischen Wirksamkeit gesucht werden muß. Das Wesen der Oxydation besteht in der Multiplication des Zinks mit dem Sauerstoff, unter dem Conflicte ihrer Elektricitäten. Der Sauerstoff ist dabei als Sauerstoffgas, = Sauerstoff und + E, gegenwärtig, und auch der Zink ist in seinem gewöhnlichen Zustande, außerhalb der Kette, durch Elektricität indifferenzirt. Sonach können beide sich, wie wir oben schon gesehen haben, nicht eher verbinden, bis wenigstens der eine der Factoren sein elektrisches Gleichgewicht verloren hat und bis zu einem bestimmten Grade deselektrisirt worden ist.

Da wir bei der Wasserzersetzung erkannt haben, wovon die Gasgestalt bedingt ist, so können wir nun eine schon längst bekannte Thatsache zur weiteren Bestätigung hier erwähnen. Sie besteht darin, daß die meisten der Gasarten sich nicht anders mit einander verbinden, als wenn eine derselben ihres Gaszustandes beraubt ist. So ist es z. B. bei der natürlichen Salpetererzeugung. Ehe der durch die Fäulniß befreite Stickstoff die Gasgestalt annimmt, verbindet er sich mit dem Sauerstoff des Sauerstoffgases der Luft zu Salpetersäure, dagegen es uns sogar durch Aufbietung aller Mittel der Kunst bisher nur noch sehr unvollkommen

gelungen ist, Stickgas und Sauerstoffgas zu Salpetersäure zu verbinden.

Je mehr also die Contacts-Elektricität aufgeregt und nach der Aufregung abgeleitet worden ist, desto leichter geht die Oxydation vor sich. Deßhalb sind die Metalle desto tauglicher für die Voltaische Säule, je heterogener sie sind. Das Sauerstoffgas kann sich nun mit dem Zink verbinden, da im entgegengesezten Falle, wie ihn die gewöhnlichen Theorien annehmen, das in der Platte angeblich befindliche freie E jede Oxydation vielmehr unmöglich machen müßte. Bei dieser Verbindung wird aber der gleiche Grad von Elektricität aus dem Sauerstoffgase frei, welchen der Zink schon verloren hat, und so finden wir hierin die eine und zwar positive Quelle der Elektricität der Säule. Je entgeisteter der Zink war, um den Ausdruck einer richtigen, tiefen Ahndung Winterl's *) zu gebrauchen, desto mehr freies E wird bei

*) Winterl's System der dualistischen Chemie, von J. Schuster, Berlin, 1807. II. S. 47. „Entgeistung ist der Mangel der reagirenden Principien. Man nennt sie auch Abstumpfung, als die Verminderung der sauren oder basischen Eigenschaften. Sie geschieht auf eine doppelte Weise: 1) durch directe Entziehung der begeistenden Principien, wobei die Anlage zurückbleibt,

der Verbindung zurückbleiben, da alle Verbindungen der Stoffe desto leichter und inniger vor sich gehen, je mehr ihre reine Natur dabei thätig seyn kann.

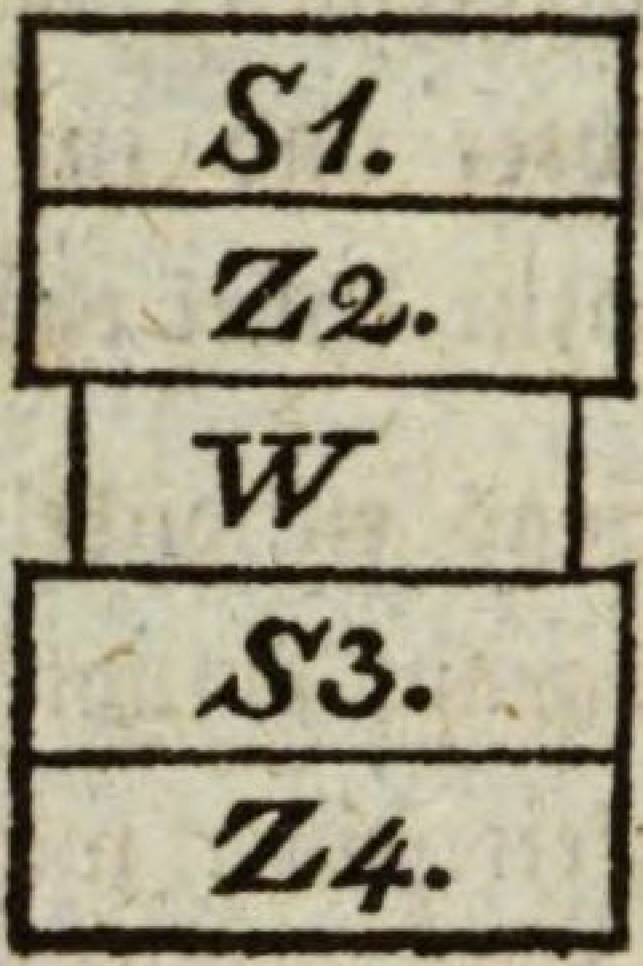
Das Sauerstoffgas entwickelt bei dieser Verbindung + E. Eben darauf beruht aber das Hervortreten und die Wirksamkeit seiner materiellen Negativität. Verbindet es sich mit dem Metalle, so entsteht ein Oxyd, und wir wissen, daß die Oxyde negative Körper sind. Hieraus ergiebt sich die Entstehung des —E *), oder die andere und zwar negative Quelle der Elektricität der Säule. Denn daß, um mit einem Ausdrucke Volta's zu reden, alles entstehende —E, (da überhaupt die Tendenz zur Polarität aufgeregt ist,) in den Ketten:

---

oder 2) durch die Entziehung der Anlage selbst, wobei das Princip frei entschwebt."

Einen Fall der ersten Art kennen wir aus der Zerlegung des Wassers, einen der zweiten Art giebt die Oxydation des Zinks ab.

*) Nach Becquerel's Versuchen geht bei dem Zusammentreffen einer Säure mit einem Metalloxyde der elektrische Strom von der Säure zu dem Oxyde, die erstere hüllt sich also, nach seinem Ausdrucke, in eine positiv-, das leztere in eine negativ-elektrische Atmosphäre. Schweigger's Journal. XXXX. S. 397.



von seinem Entstehungspunkte, nämlich der dem W zugekehrten Fläche des Z2. an, nach S1. impellirt wird, beruht auf eben dem Grunde, der überhaupt —E nach S1. und +E nach Z2. impellirte. In der Wirkung jeder Säule finden wir die Bestätigung. So kommt es, daß das entstehende —E immer dem Minus- oder Silperpole zueilt.

Es fragt sich, was aus dem +E wird, das aus dem Sauerstoffgase durch die Oxydation entbunden wurde. Es entsteht unmittelbar an der untern Fläche des Z2. und ist ein intensives freies E. Sonach wird das Wasser, das nach dem Verhältnisse der abgeleiteten Contacts-Elektricität theilweise schon zu einer positiven und negativen Wasserzone aufgeregt ist, an diesem Punkte in $\oplus$ und $\boxminus$ zerlegt werden. Die Folgen davon haben wir nun zu betrachten.

Vermöge seiner freien Negativität bewirkt das $\oplus$ eine weitere Oxydation, indem es sich mit dem deselektrisirten Zink verbindet. Es werden also wieder — und +E frei werden und jenes nach dem Minuspole

fliehen, dieses aber von dem Wasser aufgenommen werden. Nur tritt hier in Vergleich mit der ersten Oxydation der Unterschied ein, daß bei der Oxydation durch die Luft ein größerer Antheil + E frei werden konnte, als bei der durch das Wasser, weil das Sauerstoffgas der Luft mit + E gesättigt ist, dasjenige des Wassers aber, wie von der Wasserzersetzung her bekannt ist, nur ein halbes + E hat. Die Folgen dieses Unterschiedes sind wichtig. Die entstehenden + und — E sind nämlich in der Säule durch die Form der Leiter keineswegs so begünstigt, als die Elektricität im Gasapparate. Denn hier entbinden sie sich an den Spitzen, welche die ganze Kraft an einem Punkte concentriren, während die an den Oberflächen der Platten entstehende Elektricität mit der ganzen Fläche der Platten zu kämpfen hat. Welche Verschiedenheit der Wirkung dieß begründet, ist bekannt. Sie zeigt sich auch bei andern Erscheinungen, von denen ich bloß diejenige hier anführen will, daß ein Eisendraht, durch den man die beiden Pole einer Batterie schließt, desto leichter geschmolzen wird, je geringer sein Durchmesser ist.

Sonach wird also ein größerer Grad von Intensität nöthig, um dieses Hindernisses ungeachtet dennoch Wasserzersetzung hervorzubringen. Diesen Grad besizt das aus dem ⊕ frei werdende + E nicht, und so kann sich auch der Wasserzersetzungsprozeß in sich selbst ohne äußere Unterstützung nicht erhalten, sondern

es muß immer eine neue Oxydation durch die Luft jeder neuen Oxydation durch das Wasser wieder vorhergehen. Dieß ist also der Grund, warum Voltaische Säulen, die reines Wasser zum feuchten Leiter haben, im sauerstoffleeren Raume ohne Wirksamkeit sind *).

Es ist nun noch übrig, zu untersuchen, was aus dem ⊟ wird, das aus der Zersetzung des Wassers gleichzeitig mit dem ⊕ hervorging. Aus der Kenntniß des Vorgangs im Gasapparate erhellt, daß es von der Zinkfläche und aus der positiven Wasserzone weg nach der entgegengesezten Silberfläche getrieben wird. Hier findet es, wenn zwei Ketten nur einen, gemeinschaftlichen feuchten Leiter haben, auch bei geschloßner Kette nur eine gering aufgeregte, negative Wasserzone. In diesem Falle ist das ⊟ nicht im Stande, das Wasser zur Zersetzung zu bringen und dadurch zugleich selbst Gas zu werden, es lagert sich also an der Silberfläche an, bis stärkere Oxydation oder äußere Einflüsse einen höheren Grad des — E entwickeln.

*) Der Rand der Zinkplatten wirksamer Säulen oxydirt sich immer stärker, als das Innere, eben so diejenigen Stellen im Innern, welche hohl sind. Nimmt man eine Säule, die kaum mehr wirkt, auseinander, legt ihre Theile einzeln auf den Tisch, sodann aber wieder zusammen, so erneuert sich die Wirkung, wenn auch nicht so stark. Gilbert's Annalen, XXI. S. 204.

Analog diesem Falle sind die Versuche Huth's *), der die beiden Pole der Säule durch eine lange Reihe einzelner Gasapparate verband. Die Kraft der Säule mußte sich nothwendig desto geringer in den einzelnen Gasapparaten äußern, je weiter sie von den Polen entfernt waren. In den mittelsten Röhren trat wohl Oxydation ein, wie in dem erwähnten Falle, aber es fand keine Wasserstoffgas=Entbindung statt.

Sind dagegen mehrere Ketten in einer gewöhnlichen, d. h. mit einem Gasapparate versehenen Voltaischen Säule mit einander in Verbindung, so wird durch die Oxydation, wie bekannt, — E nach jedem S entwickelt, so daß also das ⊟ Gelegenheit findet, sich mit hinlänglichem freien — E zu vereinigen und dadurch als Wasserstoffgas zu erscheinen. Durch diesen lezten Prozeß geschieht es aber, daß nun noch weniger eine Wasserzersetzung auch an der S Fläche statt finden kann, weil die aufregende Kraft, das intensive und freie — E, fehlt. So geht denn alle Wasserzersetzung nur an der Zinkfläche vor sich.

Wie also bei der Gegenwart von Sauerstoffgas eine Säule, die reines Wasser zum feuchten Leiter hat, dennoch so lange galvanische Wirksamkeit zeigen kann, so lange nicht alles Metall in Oxyd verwandelt oder das Wasser zwischen den Platten verzehrt und ver=

---

*) Ebendas. X. S. 45.

trocknet ist, ist hiermit gezeigt worden. Bei der ungemeinen Verbreitung galvanischer Thätigkeit, die wir bisher in ihrer Ausdehnung mehr nur ahnden, als wirklich erkennen können, zeigt es sich also als höchst bedeutungsvoll, daß das Wasser in seinem natürlichen Zustande immer einen gewissen Antheil atmosphärischer Luft enthält, welcher durch die darüber angestellten Untersuchungen auf $1/30$ seines Volumens sich beläuft, und der noch dazu um 10 Prozent sauerstoffreicher *) ist, als die gewöhnliche Luft. Es läßt sich mit Recht erwarten, daß alles Sauerstoffgas, das sich bei der Oxydation mit dem Zink verbindet, in diesem Zustande, der ein theilweise deselektrisirter ist, auf ihn wirke. Sonach befindet sich also bei diesem Prozesse auch das Sauerstoffgas in einem aufgeregten Zustande, und hierdurch wird der Eintritt der Oxydation noch begreiflicher. Der Grad der Aufregung des in dem Wasser aufgelösten Sauerstoffgases ist indessen nicht so beträchtlich, als der Grad des deselektrisirten Zustandes des aus der Wasserzersetzung hervorgehenden ⊕ **).

Mit Recht mag wohl nun geschlossen werden, daß in der Erschwerung der Oxydation, oder, mit andern Worten, in dem erschwerten Eindringen der Luft in

*) John's Handwörterbuch der Chemie, IV. S. 422.

**) Vgl. die Note S. 34.

das Innere der Säule, verbunden mit dem Umstande, daß die Concentration der Elektricitäten desto geringer ist, je größer die Flächen sind, das offenbare Mißverhältniß liegt, welches zwischen großplattigen und kleinplattigen Säulen statt findet. Children *) baute eine Batterie aus zwanzig Paaren Kupfer- und Zinkplatten, jede 4 Fuß lang und 2 Fuß breit, in einem hölzernen, mit Cement bedecktem Troge. Sie bedurfte zu ihrer Erregung 120 Gallonen Flüssigkeit. Die Wirkung dieser, ihrer Masse nach ungeheuren Batterie auf unvollkommne Leiter war indessen sehr unbeträchtlich. Sie afficirte nicht ein Goldblatt-Elektrometer, und ihre Wirksamkeit in chemischer Zersetzung war kaum merkbar. Dagegen brachte sie mächtige Feuerwirkungen hervor, eben weil diese nur eine Folge jener Mißverhältnisse sind. Denn die Elektricität ist in den großen Platten, die eine beträchtliche Capacität haben, in einem unconcentrirten Zustande angehäuft. Werden die Pole durch metallene Leiter einander genähert, so zeigen sich nun die Wirkungen einer Kleist'schen Flasche oder einer großen Elektrisirmaschine, die bekanntlich auch nur sehr schwer das Wasser zu zersetzen vermag.

Es ist sonach keinem Zweifel unterworfen, und die Erfahrung muß es ergeben, daß die Wirksamkeit groß-

---

*) Singer's Elemente u. s. w. S. 261.

plattiger Säulen dadurch bedeutend vergrößert wird, wenn man der Einwirkung der Luft mehr Gelegenheit verschafft. In Batterien, die senkrecht auferbaut werden, also in den eigentlichen Säulen, kann dieß sehr leicht dadurch geschehen, daß man die Platten an mehreren Stellen in hinlänglicher Weite durchlöchert, oder auch sie ganz ausschneidet, so daß anstatt einer Quadratfläche oder Scheibe nur ein viereckiger breiter Rand oder ein breiter Ring übrig bleibt. Der Erfolg eines solchen Ringapparats kann kein anderer seyn, als daß die nun, obgleich der Masse nach verringerte Säule, dennoch größere galvanische Wirkungen hervorbringt, als zuvor.

3) Säulen unter Mitwirkung von Reizmitteln der galvanischen Action.

Sauerstoffgas und Oxyd sind also die beiden Quellen der Elektricität der Voltaischen Säule, und es scheint nach dem, was von der Mitwirkung der Luft gesagt wurde, als seyen sonach die drei Körper: zwei heterogene Erreger und der feuchte Leiter, welche man bisher als alleinige Erfordernisse annahm, unzureichend als Elemente der Voltaischen Säule. In dem eben analysirten Falle, in welchem die Kette aus SZW bestand, also dem gewöhnlich angenommenen, und in welchem W reines Wasser ist, verhält es sich in der That so. Es ist aber überhaupt

nothwendig, anzugeben, welches, ganz allgemein genommen, also abstrahirt von einer besondern Kette, die Grundbedingungen galvanischer Action sind. Daß das Wasser, diese Mutter aller Dinge, der Mittelpunkt der ganzen Aktion ist, und daß es bloß vermittelst der Vollkommenheit seiner Indifferenz als solcher erscheinen kann, ist nun klar. Kein anderer Körper kann es ersetzen. Diese vollkommne Indifferenz muß erregt werden durch eine Differenz, und dieß sind in dem analysirten Falle Zink und Silber, als heterogene Metalle. Allgemein können wir also diese Differenz, wie bisher, die Erreger nennen, obgleich man erkennen wird, daß Volta's Erreger wohl der Wirklichkeit nach diesen Namen verdienten, keineswegs aber in dem von ihm angenommenen Sinne.

Wir wissen, daß ein bestimmter Grad der Erregung dazu gehört, um die Wasserindifferenz different zu machen, und daß, wenn dieser vorhanden ist, die bisher angenommenen drei Glieder wirklich eine Kette constituiren. Die galvanische Wirkung wird sonach bei einem bestimmten niederen Grade der Erregung noch gar nicht eintreten, von hier an aber desto bedeutender werden, je größer die Differenz der Erreger ist. Jener erste Grad ist derjenige, der gerade noch die Möglichkeit der Wasserzersetzung in sich enthält, der höchste Grad also wird umgekehrt der seyn,

welcher die Wasserzersetzung am leichtesten gewährt. Dieß geschieht im Gasapparate der Voltaischen Säule. Von diesem Gesichtspunkte aus stellt die ganze Voltaische Säule mit ihrem Gasapparate, wie es auch in der Wirklichkeit der Fall ist, nur eine einzige einfache Kette im vergrößerten Masstabe dar. Während die einzelnen Ketten darin im Kleinen, so viel es ihnen gestattet ist, ihr emsiges Geschäft treiben, als positive Erreger, negative Erreger und Wasser, erscheint die ganze Säule mit ihrem Gasapparate selbst wieder nicht anders; nämlich

Nullpunkt der Säule (Null E) = Berührungspunkt der Platten,

Positive Hälfte (+ Erreger,) = Zink,

Negative Hälfte (— Erreger,) = Silber,

Gasapparat (Indifferenzirung,) = feuchter Leiter.

Dieß verschiedene Verhältniß der Differenz beider Erreger bestimmt also den Grad der Wirkung der verschiedenen Möglichkeiten galvanischer Ketten, und ihre Zahl ist deßhalb Legionen. Unzweifelhaft sind die Zeichen SZW (Silber, Zink, Wasser,) zu beschränkt, um als Repräsentanten derselben gelten zu können. Eine ganz einfache Abänderung ist genügend. Man setze

für positiven Erreger (Z) — — — P

für negativen Erreger (S) — — — N

und für Wasser behalte man W bei. Der Ausdruck ist dann allgemein, und die Erinnerung dieser Buchsta-

ben

ben an Plus und Minus, Positivität und Negativität, wird dazu dienen, die Abänderung mehr für eine deutlichere Bezeichnung, als für eine willkührlichere Neuerung gelten zu lassen.

Es giebt auch Mittel, die Positivität des P und die Negativität des N zu verstärken, und, wenn die Verstärkung hinlänglich ist, aus mangelhaften Erregern vollkommne Erreger zu machen. Diese Mittel sind, da Galvanismus unzertrennlich ist vom chemischen Prozeß, alle diejenigen, welche den chemischen Prozeß zwischen den drei Gliedern steigern, und können ganz allgemein als solche genannt werden, welche die Tendenz der Erreger zum chemischen Prozeß erhöhen. Da wir gesehen haben, daß die erste Tendenz dazu sich in der Contacts-Elektricität äußert, so führt uns dieß auf die synonyme Vorstellung, daß alles, was die Contacts-Elektricität erhöht, auch die galvanische Action der drei Glieder der Kette verstärkt. Hierher gehören:

1) Wärme. Es kam oben schon vor, daß man eine Voltaische Säule auch aus Ketten eines festen und eines flüssigen Leiters erbauen könne, wenn nur in dem ersteren durch Wärme eine Duplicität begründet ist. Aber eben dadurch verwandelt er sich in zwei heterogene Erreger.

2) Druck. Je fester man die Ketten der Säule zusammenpreßt, desto mehr erreicht die galva-

nische Action ihren relativ höchsten Grad. Hat die Wirkung schon sehr merklich abgenommen, so nimmt sie wieder zu, wenn man die Säule stärker zusammenpreßt; am meisten, wenn man sie lüftet und dann wieder zusammenpreßt *). Die Vergrößerung der Berührungspunkte erzeugt in diesem Falle auch Wärme.

3) Die Mitwirkung von Körpern mit aufgeregter Polarität — oxydirende Säuren und (vermöge ihres Säuregehalts,) leichtzerlegliche, eine starke Säure enthaltende Salze.

Diesen lezteren Fall wollen wir seiner Wichtigkeit wegen hier besonders betrachten. Er ist es besonders, der die Kraft der (gewöhnlichen, metallischen) Erreger so steigert, daß sie nun zu vollkommnen Erregern werden. **).

Drücken wir es in der gewöhnlichen chemischen

---

*) Gilbert's Annalen, XXI. S. 198.

**) Denken wir uns eine Säule, mit heterogenen Metallen auferbaut, deren eines sich ohne Zuthun der atmosphärischen Luft zu oxydiren vermag, so würden in diesem Falle die beiden Metalle vollkommne Erreger abgeben und eine vollständige Kette begründen. Eben so können wir uns eine Säule wenigstens denken, in welcher die eine Platte der Erreger permanent zu einem solchen Grade erwärmt ist, daß sie das Wasser zersetzen kann. Auch diese bedürfte dann keiner Gegenwart des Sauerstoffgases.

Sprache aus, so können wir uns darüber so äußern: die Säuren wollen sich mit den Metallen verbinden, können es aber nur dann, wenn diese zu Oxyden geworden sind; sie bestimmen sie also, das Wasser zu zerlegen und dessen Sauerstoff aufzunehmen; und da hierzu keine Gegenwart der atmosphärischen Luft nothwendig ist, zur Unterhaltung der galvanischen Action aber nur die Zerlegung des Wassers verlangt wird, so liegt hierin der Grund, daß der Zusatz von Säuren die Gegenwart der atmosphärischen Luft unnöthig macht.

Es ist aber keine Frage, daß diese Sprache, wenn sie verstanden werden soll, erst einer Uebersetzung bedarf. So viel ist schon vorläufig außer Zweifel, daß der Zusatz der oxydirenden Säuren (und solcher Salze, die auf gleiche Art, nämlich durch ihre Säure, wirken,) der Hauptsache nach nicht dem Wasser zu gute kommt, sondern unmittelbar nur auf die Erreger wirkt und deren Differenz steigert. Volta's Ansicht, daß sie dadurch die Kraft der Säule verstärken, daß sie die Leitungsfähigkeit des Wassers vermehren, ist sonach der Hauptsache nach unrichtig, obwohl es allerdings wahr ist, daß die vermehrte Leitungsfähigkeit zur schnelleren Wirkung gleichfalls das ihrige beiträgt. Davy *) hat schon bemerkt, daß Salpetersäure von 1,4 specifischem Gewichte, mit 60

*) Gilbert's Annalen, XII. S. 354.

Theilen Wasser verdünnt, bei weitem stärkere Wirkungen hervorbringt, als eine concentrirte Auflösung kohlensauren Kali's, ungeachtet ihr Leitungsvermögen bei weitem schwächer ist, als dasjenige der lezteren Flüssigkeit.

Z und S wirken selbst nur vermöge ihres Gegensatzes als heterogene Leiter. Ein solcher Gegensatz findet aber auch, und zwar in einem höheren Grade, zwischen Zink und Säure statt, so daß beide selbst wieder zwei Erreger oder P und N vorstellen *). Wir sehen dieß nicht nur in dem Falle, wenn Zink in verdünnter Säure aufgelöst wird, wodurch bekanntlich aus den zwei feuchtern Leitern, (Säure und Wasser,) und dem Zink eine galvanische Kette gebildet wird, sondern auch aus andern Ketten, die mit zwei flüssigen Leitern construirt sind, z. B. aus liquidem Schwefelkali, Wasser und Zink. In diesen Fällen tritt der chemische oder materielle Gegensatz der Erreger bedeutender hervor. Insbesondere sind es nun die oxydirenden Säuren, welche einen hohen Grad materieller Negativität besitzen und deßhalb bei ihrem Zusammentreffen die materielle Positivität anderer Körper erregen, oder, mit

*) Wenn Säure und Metall zusammentreffen, so findet nach Becquerel's Versuchen ein elektrischer Strom statt, der von der Säure nach dem Metall geht. Schweigger's Journal, XXXX. S. 397.

andern Worten, ihre Tendenz zum chemischen Prozesse steigern. Es wurde schon gezeigt, daß dieß einer Steigerung der Contacts-Elektricität gleich kommt, so daß also der Zink bei seinem Zusammentreffen mit der Säure in einem höheren Grade deselektrisirt und die Differenz dadurch so vermehrt wird, daß sich das Wasser zersezt und sein Sauerstoff mit dem Zink sich verbindet. Dieser Gegensatz gesteigerter Positivität und Negativität unterhält die Wasserzersetzung, so daß nun eine continuirliche Befreiung von + und — E aus dem ⊕ und dem Oxyde statt findet.

Daß eine Säule, welche eine verdünnte Säure zum feuchten Leiter hat, dennoch auch Sauerstoffgas aus der Luft verzehren könne, ja daß wahrscheinlich dadurch die Wirkungen sogar verstärkt werden, folgt von selbst, da der deselektrisirte Zink nunmehr mit einer noch größeren Leichtigkeit sich mit dem Sauerstoffgase verbinden kann, und dieses an + E stärker ist, als das ⊕ des Wassers. Es kommt also bloß darauf an, welcher Antheil Sauerstoffgas dem andern den Vorrang abgewinnt. Aus Biot's und Cuvier's *) Versuchen geht hervor, daß auch eine Säule, deren Tuchscheiben mit einer starken Alaunauflösung getränkt waren, den Sauerstoff der atmosphärischen Luft absorbirte. Wurde sie in einen Raum gebracht, der

*) Gilbert's Annalen, X. S. 161.

nur sehr wenig Luft mehr enthielt, so nahmen ihre Wirkungen nach einiger Zeit ab und hörten endlich gänzlich auf. Der Zusatz von etwas Sauerstoffgas belebte sie wieder. Verdünnte Salpetersäure unterhielt nach Davy's *) Versuchen zwar die galvanische Action ohne Sauerstoffgas, indessen scheint doch die Stärke derselben dadurch vermindert gewesen zu seyn.

Durch dieses Verhältniß der Säuren zu der Voltaischen Säule klärt sich eine Erscheinung auf, welche man bisher **) nicht enträthseln konnte, der Umstand nämlich, daß die galvanische Action lediglich durch solche Beisätze befördert wird, welche der Wirkung des positiven Pols der Säule günstig sind, d. h. durch oxydirende Säuren und leicht zerlegliche, eine starke Säure enthaltende Salze.

Unter dem Ausdruck, welchen man gewöhnlich dafür braucht, die Wirkung geht vom positiven Pole aus, kann man zweierlei verstehen:

1) die Begünstigung der Wasserzersetzung durch oxydirende Zusätze.

Der Vorgang dieser Erscheinung ist dieser. Der chemische Prozeß, von elektrischen Ursachen herbeigeführt und von der chemischen Beschaffenheit der Erreger abhängig, ist die Quelle der Elektri-

*) Ebendas. VIII. S. 17.

**) Schweigger's Journal, XXXX. S. 262.

cität der Säule. Da er, wenn der positive Erreger Zink oder überhaupt ein zur Verbindung mit dem Sauerstoff hinneigender Körper ist, in der Oxydation besteht, so folgt, daß das — E überhaupt nicht entstehen würde, wenn nicht durch die Oxydation vorerst + E frei und aus dem Oxyd sodann — E entstanden wäre. Der Zusatz von Alkalien kann also, weil er die Oxydation nicht begünstigt, auch in einer Säule, deren Charakter Oxydation ist, keine dergleichen Wirkungen haben. Wir könnten den Prozeß also nur dadurch umkehren, daß wir eine Flüssigkeit als feuchten Leiter anwendeten, welche eine so überwiegende Tendenz zur Hydrogenation besäße, daß der Oxydationsprozeß nun gänzlich cessirte und an seine Stelle der Hydrogenationsprozeß, bis zu dem Grade der wirklichen Wasserzersetzung gesteigert, träte. Eine solche Flüssigkeit kennen wir aber nicht.

So verhält es sich, wenn Zink und ein anderes Metall die Erreger sind. Da aber, wie Volta ganz richtig angab, alle Wirkungen der Säule von den Erregern ausgehen und auf ihre Beschaffenheit gegründet sind, so läßt es sich allerdings denken, daß wir auch zwei Erreger auffinden können, welche anstatt des Oxydationsprozesses, einen Hydrogenationsprozeß bei ihrem Zusammentreffen mit dem Wasser begründen. Und in diesem umgekehrten Falle wäre auch die ganze Wirk-

samkeit der Säule umgekehrt, und die Wirkung würde dann von dem negativen Pole ausgehen und durch solche Stoffe befördert werden, welche dem negativen Pole günstig sind *).

2) Man kann auch die Erscheinung darunter verstehen, daß, wie einige Fälle zeigen, der positive Strom der Elektricität mit größerer Energie sich verbreitet, als der negative.

Als einzelner Fall gehört eine Wahrnehmung Erdmann's **) hierher. Er durchbohrte ein Glasgefäß von Kugelgestalt und mit einem cylindrischen Halse versehen, an zwei gegenüberstehenden Stellen, kittete über die Oeffnungen Korkstücke und steckte durch diese zwei zugespizte Golddrähte, so daß ihre Spitzen nur um eine Linie von einander abstanden. Nach der Füllung des Gefässes mit Wasser und nach der Verbindung der beiden Drähte mit den Polen einer Voltaischen

---

*) Reinhold errichtete eine Säule aus 20 SZH, worin H höchst reiner Alkohol war. Ihr Silberpol zeigte sich fast allein und in solchem Grade wirksam, daß man, in Vergleich mit ihm, die Action des Zinkpols füglich = o setzen konnte. Sie gab indessen nicht eine Spur von Gasentwicklung, und nach 1½ Stunden hatte sie alle Thätigkeit, auch am — Pole, verloren. Als sie nach 24 Stunden aus einander genommen wurde, zeigte sich an den Metallen nicht die geringste Spur einer Oxydation. Gilbert's Annalen, X. S. 330.

**) Ebendas. XI. S. 214.

Säule bemerkte er, daß die Gasblasen beider Drähte nicht senkrecht aufstiegen, sondern daß alle Ströme Sauerstoffgas während der ganzen Dauer des Prozesses nach der Richtung der Spitze vor-, die Ströme Wasserstoffgas dagegen von der Spitze zurückgetrieben zu werden schienen. Besonders deutlich zeigte sich das Phänomen an den Spitzen selbst, wie man auch aus der von Erdmann beigefügten Zeichnung sehen kann.

Wir erhalten die Aufklärung dieses besondern Umstandes, wenn wir uns an das erinnern, was oben von der contractiven Erscheinung des — E und der expansiven des + E gesagt wurde. Beide verhalten sich wie leuchtendes und strahlendes Licht, und die Positivität zeigt auch hier den ihr überall eigenthümlichen expansiven Charakter.

Sechste Abtheilung.

Elektrische Zustände der ganzen Säule.

Nachdem wir das elektrische Verhältniß, das durch die Glieder der Ketten hervorgebracht wird, im Einzelnen betrachtet haben, ist noch übrig, zu zeigen, wie sich die Ketten verhalten, wenn sie auf einander gelegt werden und eine Säule bilden.

Was uns sowohl schon die Erfahrung, als auch die Analogie mit dem Magnetismus sagt, ist, daß die einzelnen Ketten durch ihre Zusammensetzung zu einer

Kettenkette ein inneres gemeinschaftliches Leben erhalten, durch welches sie, unter Beibehaltung ihrer besondern Wirksamkeit, dem Ganzen untergeordnet und einverleibt sind, so daß sie fortan die Gesammteinflüsse der ganzen Säule mit erleiden.

Die vielen Untersuchungen, welche über die Wirkungen der Säule, besonders von Ritter *), nach allen Richtungen und mit großer Genauigkeit angestellt wurden, ergaben hauptsächlich die Resultate:

1) Eine isolirte Säule hat in der Mitte Null, nach dem P Pol ansteigendes + E, nach dem N Pol ansteigendes — E.

2) Wird ein Pol abgeleitet, so zeigt sich der entgegengesezte doppelt so stark, als zuvor; an der Stelle der Ableitung ist Null, und von da aus nach dem andern Pole ansteigendes (+ oder —) E. Ueberhaupt, überall, wo die Ableitung angebracht wird, ist Null, und von da aus nach beiden Seiten verhältnißmäßig ansteigendes E.

3) Eine geschloßne Säule hat überall Null. Unmittelbar nach der Wiederöffnung ist kein E zu bemerken, es findet sich nur nach und nach wieder ein.

4) Wird die Säule nicht durch vollkommne Leiter ge-

*) Dessen Versuche und Bemerkungen über den Galvanismus der Voltaischen Batterie, in Gilbert's Annalen, VII., VIII. und IX., besonders VIII. Auch Jäger ebendas. XIII. S. 399.

schlossen, sondern durch unvollkommne, so ist sie nicht überall Null, sondern nur mehr oder minder geschwächt, in dem Verhältnisse des Abstandes der Poldrähte von einander.

Schon aus diesen Verhältnissen läßt sich erkennen, daß die Voltaische Säule nicht als ein Aggregat einzelner Ketten, sondern als ein Produkt derselben gedacht werden muß, und daß sie sich der natürlichen Vertheilung ihrer Pole nach im isolirten Zustande verhält, wie ein Magnet. Jedes Theilchen des Magnets hat + und —, wenn man es von dem Ganzen trennt, in dem Ganzen hat es aber nur die Polarität seiner Zone.

Erwägen wir nun die verschiedenen Zustände, in denen sich eine Voltaische Säule befinden kann, so finden wir, daß sie alle zwischen zwei Extremen versiren, nämlich zwischen dem vollkommen geschloßnen und dem vollkommen isolirten Zustande. Dazwischen liegt die unvollkommen geschloßne Säule in allen möglichen Graden des Uebergangs, so daß, wenn wir diese drei Zustände in Betrachtung gezogen haben, damit alle möglichen Fälle erschöpft sind.

1. Vollkommen geschloßne Säule.

Die am vollkommensten geschloßne Säule hat zuerst Davy *), wie schon oben erwähnt wurde, hergestellt. Sie besteht in einem Becherapparate, (Volta's Corona

*) Gilbert's Annalen, VIII. S. 300.

di tazze,) der sich in sich selbst schließt, so daß also an der Stelle des Gasapparats die Fortsetzung einer einfachen Kette befindlich ist. Das vollkommenste Gleichgewicht der Kreiswirkung, welche das einzige Streben der Säule ist, findet in diesem Becherkreise statt, so daß auch die Folgen der totalen Schließung, nämlich Mangel eines gemeinschaftlichen Nullpunktes und zweier gemeinschaftlicher Pole, sich darin am reinsten zu erkennen geben. Die Säule zeigt überall Null, nirgends die Abtheilung in zwei entgegengesezte Hälften, welche wir an der isolirten und unvollkommen geschloßnen wahrnehmen. Jede Kette wirkt also darin auf ganz gleiche Weise, wie außerhalb der Säule, mit dem einzigen Unterschiede, daß sie durch die Ableitung des — E, das aus dem Oxyde kommt, mit einander in Verbindung stehen und dadurch sich durch Beförderung des Wasserzersetzungs-Prozesses wechselseitig die Hände reichen. Denn denken wir uns einen solchen Kreis von zwei Ketten in folgendem Schema,

so wird W6. an Z5. zerlegt; sein ⊕ verbindet sich mit Z5. zu Oxyd, und dadurch wird — E frei, das

sich durch Z5. und S4. an dessen Oberfläche begiebt. Das aus der Zersetzung hervorgegangene ⊟ eilt nach S1. Es findet aber auch in W3. Wasserzersetzung und Entwicklung von ⊟ und — E statt. Das — E begiebt sich durch Z2. und S1. an dessen Oberfläche, trifft hier mit dem ⊟ aus W6. zusammen und verwandelt dieß in Wasserstoffgas. Das ⊟ des W3. aber trifft mit dem — E aus W6. an der Oberfläche von S4. zusammen, um gleichfalls Wasserstoffgas zu bilden, und so sieht man deutlich, wie sich beide Ketten in ihrem Wasserzersetzungs-Prozesse vollkommen harmonisch wechselseitig unterstützen.

Daß der Erfolg derselbe ist, wenn die beiden Pole einer Voltaischen Säule durch einen Metalldraht verbunden werden, beruht darauf, daß die Metalle die vollkommensten Leiter sind. Sonach wird durch diese Eigenschaft ergänzt, was an äußerer Symmetrie fehlt. Denn es ist offenbar, daß, wenn wir die Ketten

NPWNPWNP

durch einen Metalldraht schließen, die äußern N und P nebst dem Drahte nur als Leiter wirken, so daß also die Wirkung durch den Zusatz eines einzigen W, an welches sich die äußern N und P in einem Kreise anschließen, um eine einfache Kette verstärkt wird.

2. Vollkommen isolirte Säule.

In ihrer völligen Reinheit müssen wir uns eine vollkommen isolirte *) Säule so denken, daß weder die Unterlage, auf welcher sie ruht, noch die außen sie umgebende Luft die geringste Ableitung bewirken. In der Wirklichkeit haben wir also, ganz streng genommen, immer nur mehr oder minder vollkommen isolirte Säulen, weil wir diese Bedingungen nie ganz vollkommen erfüllen können.

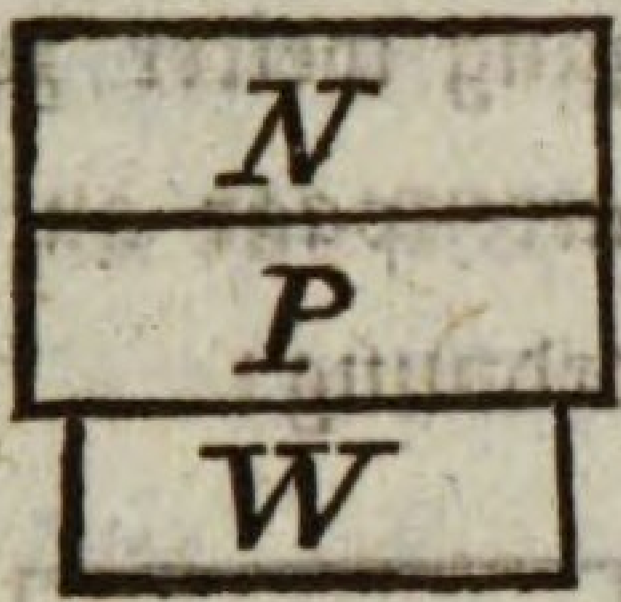
Der Zustand derselben ist ein ganz entgegengesezter in Vergleichung mit demjenigen der vollkommen geschloßnen Säule. Während das Wesen der lezteren vollkommnes Gleichgewicht ist, erscheint das Wesen der isolirten Säule als gestörtes Gleichgewicht der polarischen Wirksamkeit, und deßwegen finden wir darin zwei gemeinschaftliche Pole und einen gemeinschaftlichen Nullpunkt. Der Elektrometer zeigt von diesem Nullpunkte aus eine bis zu den Polen ansteigende entgegengesezte Elektricität.

Wie diese Störung des Gleichgewichts eintrete,

---

*) Man bezieht allgemein das Wort isolirt in diesem Ausdrucke auf die beiden Pole der Säule, weil sich der übrige isolirte Zustand von selbst versteht. Eine vollkommen isolirte Säule bedeutet also eben so viel, als eine Säule, an deren Polen nirgends eine Ableitung statt findet.

zeigt sich am deutlichsten, wenn wir vorerst eine einzelne Kette der Säule für sich betrachten.

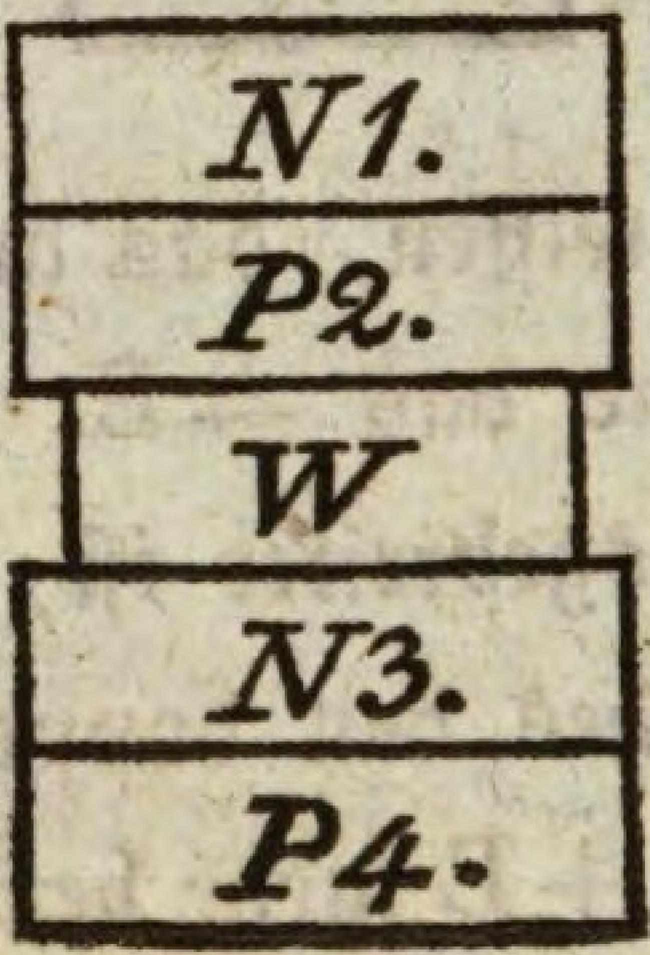


W nimmt, wie wir wissen, das an P befindliche Contacts-+E auf, und das —E, das nach der obern Fläche des N zu ausgebreitet ist, erhält nun wegen seines freien Zustandes den doppelten Grad der Intensität. Da P kein +E mehr besizt, so kann sich nun das —E frei in den vereinigten Metallen ausdehnen, und der Nullpunkt befindet sich nun an dem Ableitungspunkte, auf gleiche Weise, als in dem Falle, wenn der eine Pol einer isolirten Säule abgeleitet wird.

Wir nehmen an, daß die Kette ganz isolirt sey und nun Oxydation eintrete. Hierdurch wird —E frei, das sich bekanntlich nach N begiebt und daselbst, weil keine Ableitung statt findet, anhäuft, und zwar im Verhältnisse der Capacität der Metalle. Offenbar muß, nachdem ein bestimmter Grad der Oxydation eingetreten ist, das —E sich darin so ansammeln, daß die untere P Fläche selbst —E erhält. In diesem Falle unterbleibt aber die weitere Oxydation, weil nun das Metall seinen deselektrischen Zustand verloren hat und das Sauerstoffgas der Luft so wenig

mehr mit ihm verbinden kann, als wenn es ohne Wasser damit zusammenkommt.

Um diesen Vorgang weiter zu verfolgen, wollen wir uns noch ein Plattenpaar an W angesezt denken, nämlich folgende Anordnung:



Sobald der bestimmte Grad der Oxydation eingetreten ist, von dem wir gesprochen haben, wird also das obere Plattenpaar so mit —E angehäuft seyn, daß keine weitere Oxydation statt findet. Es wäre nun unrichtig, anzunehmen, daß alles aus dieser Oxydation entsprungene +E zu neuer Indifferenzirung der positiven Wasserzone verwendet werde. Denn es stellt sich uns folgende Reflexion entgegen. Beide Wasserzonen (die sich ohnedem in eine gemeinschaftliche, sehr dünne Wasserschicht theilen,) halten sich so lange das Gleichgewicht, als sie gleiche Stärke haben, wie es auch in dem Gasapparate der Fall ist. Ihr Indifferenzpunkt ist in der Mitte. Ist auf einer der beiden Seiten ein Ueberschuß von E, so wird diese Zone ihren Wirkungskreis erweitern und ihr E mit Uebermacht dem andern entge=

entgegeneilen. Ist aber gar kein Gegensatz da oder derselbe durch die Uebermacht des E bereits indifferenzirt, so wirkt die Wasserzone nunmehr, weil nun jedes Gleichgewicht aufgehoben ist, bloß als Leiter.

Dieß ist der Fall in dem Wasser zwischen den beiden Plattenpaaren. Das +E, welches aus dem bei der Oxydation verwendeten Sauerstoffgase hervorgeht, eilt zum entgegengesezten Pole. Da aber auch P4. schon +E hatte, so findet hier dasselbe statt, was in dem negativen Plattenpaare vorgieng, nämlich das +E erstreckt sich diminuendo bis in das W hinein, so daß also nunmehr ein gemeinschaftlicher Nullpunkt im Wasser ist, von hier aus aber nach oben und unten entgegengesezte Pole ansteigen, wie in dem Magnete.

Nur im Vorbeigehen will ich hier auf ein merkwürdiges Verhältniß hindeuten, den Nullpunkt der isolirten Säule betreffend. Ritter erzählt, er habe sehr häufig die Intensität der Zinkseite der Batterie kleiner, als die der Silberseite gefunden, wenn Kochsalzauflösung der feuchte Leiter war, dagegen größer, wenn destillirtes Wasser dazu genommen wurde. Ueberhaupt habe er in dieser Beziehung Abänderungen bemerkt, die er jedoch auf kein strenges Gesetz habe bringen können. Ich habe Ursachen, die auch in gegenwärtiger Abhandlung angedeutet sind, zu glauben, daß die Wahrnehmung Ritter's vollkommen gegründet ist. Da er jedoch selbst seine Angabe

gewissermaßen in Zweifel stellte und man das Resultat sonach nicht als ausgemacht ansehen kann, so unterlasse ich es, weiter hierauf einzugehen, und muß nur den Wunsch äußern, daß dieser wichtige Gegenstand einer genauen, besondern Untersuchung unterworfen werden möge.

Ganz derselbe Prozeß nun, welcher in dem doppelten Plattenpaare mit seinem dazwischen befindlichen feuchten Leiter vorgeht, findet auch, nur im vergrößerten Maßstabe, statt, wenn man noch so viele Ketten auf einander häuft, und wir dürfen als Schlüssel des Zustandes der isolirten Säule nur folgende Sätze beachten, um alle Verhältnisse klar zu überschauen:

1) Zur Oxydation muß sich wenigstens einer der beiden Körper (Factoren,) in einem deselektrisirten Zustande befinden, also entweder der Zink oder das Sauerstoffgas.

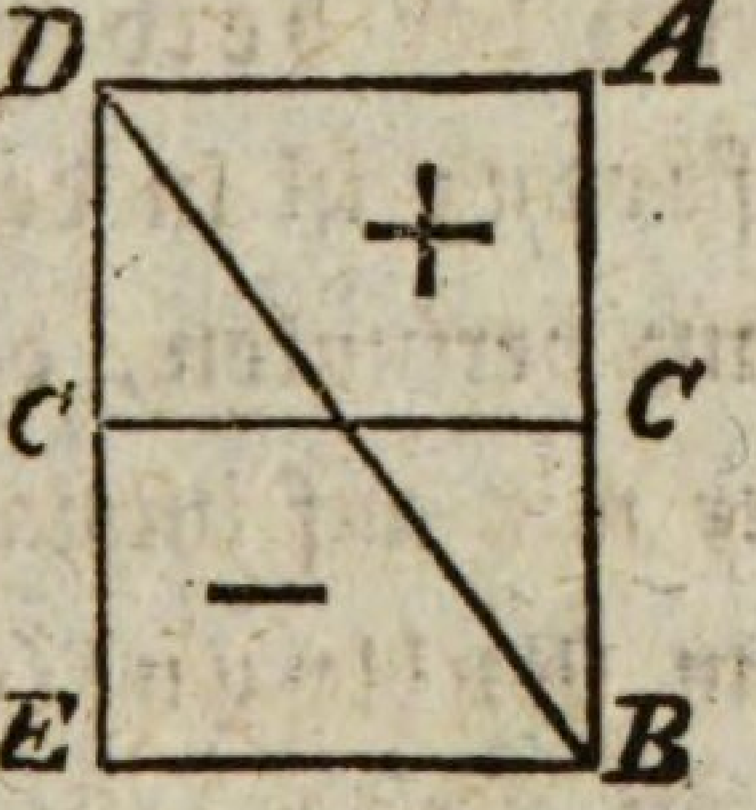
2) Das bei der Oxydation frei werdende +E und —E kann nur dann Wasser zersetzen, wenn es intensiv genug und gehörig concentrirt ist. Je geringer die Concentration ist, desto schwieriger geht der Prozeß vor sich.

3) Diesen Grad der Intensität besizt das +E, welches aus dem Sauerstoffgase der Luft frei wird, nicht aber das +E, das bei der Zersetzung des Wassers sich entbindet.

4) Eben so wenig besizt sie das —E, das sich aus dem Oxyde entwickelt; denn es geht jedesmal durch ein Plattenpaar hindurch, also durch einen Leiter von sehr starkem Durchmesser.

5) Die + und —E, welche der feuchte Leiter aufnimmt, vertheilen sich darin nach dem Grade ihrer Intensität, so daß ein stärkeres E seinen Wirkungskreis erweitert und dadurch den Indifferenzpunkt verschiebt, bei dem völligen Mangel oder der Indifferenzirung des entgegengesezten E aber das Wasser zum bloßen Leiter wird.

Ritter's *) Schema der wahren Elektricitäts-Gegenwart in der Voltaischen Säule, nämlich:



worin ADB die Größe der positiven, BDE die der negativen Elektricität, CC aber den Indifferenzpunkt ausdrückt, kann sonach wohl als ein Schema der sucсessiven Entstehung und Ausgleichung der Elektricität der Säule betrachtet werden, keineswegs aber als ein

*) Gilbert's Annalen, VIII. S. 455.

Schema der wirklichen Gegenwart derselben. Ueberhaupt kann der Gedanke des Zugleichseyns entgegengesezter freier Elektricitäten in dem gleichen Raume mit noch dazu sich kreuzenden Richtungen nicht als vereinbar mit dem Grundsatze aller Polaritätslehre gedacht werden, daß sich freie + und — bei ihrem Zusammentreffen in einem Punkte indifferenziren.

Das einfache Schema der Elektricitäts-Gegenwart in der Voltaischen Säule sind zwei mit ihren Spitzen einander berührende Kegel, von denen der eine + E, der andere — E hat, so daß die Säule in diesem Zustande gar nicht mehr als eine Kettenkette, aus den drei distincten Gliedern NPW bestehend, erscheint, sondern rein als ein Magnet, oder wie zwei im Contact befindliche Platten. Die körperliche Differenz der beiden Erreger mit ihrer Wasserindifferenz ist in der Uebermacht der entwickelten Kräfte ganz versunken, dagegen das Verhältniß der drei Körper nun auf immaterielle Weise als + und — E mit dem Nullpunkte reproducirt erscheint. Aus diesem Grunde verhält sich die isolirte Säule auch gänzlich, wie ein im Contact befindliches Plattenpaar. Leitet man den einen Pol ab, sey es der + oder — Pol, so zeigt der andere doppelt so starke Elektricität, und der Nullpunkt ist nun am Ableitungspunkte. Läßt man die Säule nach dem Zustande der Ableitung wieder in den Zustand der Isolation zurück-

treten, so bleibt ihre Elektricität doch auf längere Zeit in dem vorigen Zustande, bis sie sich gänzlich wieder erholt hat. Schließt man sie total, so dauert die Wiederherstellung aller Wirkungen für die nächstfolgenden Augenblicke desto länger, je länger die totale Schließung währte.

Einen schönen Beweis für die Richtigkeit der gegebenen Ansicht finden wir in den weiteren Versuchen Ritter's *). Er nahm sechs kleine Glasröhren von 2 Zoll Länge und 1/6 Zoll Weite, füllte sie mit ausgekochtem, destillirtem Wasser, verwahrte sie an beiden Enden mit guten Stöpseln, und brachte in jede Röhre von einer Seite durch den Kork hindurch ein Stück dünnen Messingdrahts, so daß 2 Zoll davon sich außerhalb der Röhre, 1 Zoll desselben aber innerhalb jeder befand. Diese Röhren befestigte er durch jedesmaliges Dazwischenlegen des äußern Theils des Drahts der Röhre zwischen zwei Glieder einer Batterie von 100 Paaren Zink und Kupfer, dergestalt, daß die erste mit den Platten des ersten Plattenpaars, von oben herunter gezählt, also bei dieser Batterie mit dem Zinkende derselben, die zweite mit denen des 25sten, die dritte mit denen des 50sten, die vierte mit denen des 75sten und die fünfte endlich mit denen des 100sten Plattenpaars oder dem Silberende der Bat-

---

*) Gilbert's Annalen, VIII. S. 461.

terie in Verbindung kam. Er untersuchte sodann die Elektricität der Batterie, wobei er den Nullpunkt derselben in der Gegend ihrer Mitte antraf, und ließ alles darauf im Zustande guter Isolation 24 Stunden stehen. Es kam also nicht die geringste Schließung der Batterie vor. Nach jener Zeit nahm er die Röhren von der Batterie, die noch immer ihre Elektricitäten und ihren Nullpunkt hatte, wie vorher, und verglich jede davon mit der sechsten Röhre, die diese Zeit hindurch außer aller Verbindung mit der Batterie an einem ruhigen Orte von gleicher Temperatur, Helle u. s. w. liegen geblieben war. In dieser sechsten hatte sich das Messing des Drahts etwas oxydirt; das entstandene Oxyd war im Wasser zu Boden gefallen und hatte sich an der untern Wand der Röhre in eine Lage gesammelt. Die Menge dieses Oxyds war, dem Augenmaße nach, ganz der gleich, die in der Röhre Nr. 3. mit Batterie entstanden war und sich (wie auch in den übrigen Röhren, wo sich Oxyd fand,) auf ähnliche Weise wie in der Röhre ohne Batterie unten in derselben zu Boden gesezt hatte. In Nr. 2. befand sich mehr Oxyd, als in Nr. 3., und in Nr. 1. wieder noch mehr, als in Nr. 2. An der Zinkhälfte der Batterie hatte sich also der Messingdraht stärker oxydirt, als in der Mitte der Batterie und außerhalb derselben. In Nr. 4. zeigte sich fast gar kein Oxyd, vielmehr war das Wasser ganz klar

und durchsichtig, anstatt daß es in Nr. 1. bis 3. überall, besonders in den ersten beiden, und unter diesen wieder am stärksten in der ersten von beiden, von dem entstandenen Oxyd merklich getrübt war. In Nr. 5. endlich war nicht eine Spur von Oxyd zu bemerken. An der Silberhälfte der Batterie hatte sich also der Messingdraht weniger oxydirt, als in der Mitte und außerhalb derselben, ja in dem größten Theile derselben ganz und gar nicht. War die Säule vermittelst eines Eisendrahts geschlossen worden, so enthielten alle Röhren eine ganz gleiche Quantität Oxyd.

Während sich die Säule bis zu ihrem bestimmten Capacitäts-Grade lud und ihre Polarität annahm, mußte also zufolge dieser Ritter'schen Versuche und entsprechend der entwickelten Theorie, die Oxydation in der Zinkhälfte nothwendig desto stärker werden, je näher sich das oxydirende Metall am Pole befand, denn die positive Aufregung des Wassers wurde daselbst immer bedeutender, dagegen die auf der entgegengesezten Hälfte befindlichen + E durch die in gleicher Intensität entstehenden — E immer mehr indifferenzirt wurden, bis endlich die Polarität der Säule vollendet war. Eine gänzliche Abwesenheit aller Oxydation der Platten in der Minushälfte fand nicht statt, und Ritter bemerkt ausdrücklich, daß er bei der großen Anzahl aufgebauter Säulen immer nur bemerkt habe, daß die

Oxydation auf der Zinkseite erhöht, auf der Silberseite vermindert worden sey. Nach der Erlangung ihres bestimmten Capacitäts-Grades kann aber weder in der einen, noch andern Hälfte mehr Oxydation statt finden.

Daß auch in derjenigen Ritter'schen Röhre, welche sich in dem Nullpunkte der Säule befand, Oxydation statt hatte, und zwar in gleichem Grade, als derjenige war, welcher in der sechsten Röhre sich zu erkennen gab, beweist, daß man sich diesen Nullpunkt nicht etwa in dem Zustande des elektrischen Gleichgewichts zu denken habe, in welchem sich der Zink vor der Aufregung durch Contacts-Elektricität befindet, sondern als deselektrisirt. Ich habe deßhalb, um diese zwei verschiedenen Zustände nicht zu verwechseln, und weil auch der Zustand des elektrischen Gleichgewichts ein indifferenter Zustand und zwar mit noch mehr Recht genannt werden kann, überall Nullpunkt für Indifferenzpunkt gesagt. Denn indifferent elektrisch ist ein Körper vor der Differenz, null elektrisch aber nach der Ableitung der Elektricitäten, in seinem deselektrischen Zustande.

3. Unvollkommen geschloßne Säule.

Die Tendenz der beiden Erreger einer Kette, sich auf Kosten des Wassers zu indifferenziren, äußerte sich zuerst auf elektrische Weise durch Contacts-Elektricität.

Da nun, wie ich zeigte, die isolirte Säule diesen Zustand zweier Erreger nur im vergrößerten Maßstabe wiedergiebt und einen elektrischen Magneten vorstellt, so ist ihr Zustand kein anderer, als der des einfachen Plattenpaars, nämlich eine Tendenz zum chemischen Prozesse, dem aber noch die materielle Möglichkeit, die materielle Indifferenz oder das Wasser fehlt.

Sobald die Säule vollkommen geschlossen wird, erhält sie diese Möglichkeit vollkommen in sich selbst, weil nun die materielle Indifferenz in ihr wirksam wieder hervortritt. Wird dagegen die Säule unvollkommen geschlossen, d. h. der Unterbrechung der Ausgleichung beider Elektricitäten an den beiden Enden nur unvollkommen abgeholfen, so ist der Zustand der Säule ein Mittelzustand zwischen isolirter und vollkommen geschloßner Säule, und nach dem Grade der unvollkommnen Schließung, die also alle möglichen Uebergänge begreift, werden sich alle Erscheinungen richten. Geschieht die Verbindung beider Pole der isolirten Säule durch Wasser, also durch einen Gasapparat, so wird dem elektrischen Magnete die ihm fehlende materielle Indifferenz zwar äußerlich auf die gleichförmigste Weise gegeben, weil nun die ganze Säule aus verbundenen NPW besteht und einen vollkommnen Kreis bildet; es wird aber auf die Entfernung beider Pole in dem Gasapparate ankommen, ob auch eine innere Gleichför-

migkeit damit verbunden ist. Denn ist diese Entfernung nicht die gleiche, als diejenige der Plattenpaare, so müssen sich tiefere elektrische Wasserzonen bilden, und hierdurch wird eine Ungleichförmigkeit in die Ausgleichung der Polar-Elektricitäten, in Vergleich mit der Ausgleichung der Plattenpaare, gebracht. Nur mit größerer Anstrengung, durch Herstellung einer größeren Wasserdifferenz, können sich die entgegengesezten E an dieser Stelle verbinden; diese Differenz erfordert größeren Kraftaufwand, und so kommt es, daß die Säule sich desto mehr dem Zustande der Isolation wieder nähert, je größer die Entfernung beider Dräthe im Gasapparate ist. Füllt man *) eine Glasröhre von etwa 20 Zoll Länge mit Wasser, verwahrt ihre beiden Oeffnungen mit Stöpseln, steckt durch jeden derselben einen Eisendraht, so, daß die beiden in der Röhre befindlichen Enden anfangs 18 Zoll von einander stehen, und verbindet nun beide äußere Enden mit den Polen einer Säule von 100 Platten Kupfer und Zink, so bemerkt man kaum die geringste Schwächung in der Elektricität der Säule. Man nähere sich nun die Dräthe bis auf 12 Zoll und schließe wieder. Noch wird die Schwächung der Pole kaum merklicher. Man nähere sie nun einander bis zu 10, zu 8, zu 6, zu 4 Zoll. Dieß sind die Distanzen, in denen die Schwächung der Pole an-

---

*) Ritter in Gilbert's Annalen, VIII. S. 456.

fängt, deutlicher zu werden. Mit jeder Näherung dieser Art nimmt sie zu, und wenn beide Drähte sich unmittelbar berühren, ist die Elektricität endlich ganz aufgehoben.

Alle Erscheinungen der unvollkommen geschloßnen Säule sind also dieselben, wie diejenigen der isolirten, nur in dem verhältnißmäßig geschwächten Grade, und der Gasapparat ist also nur der feuchte Leiter derjenigen elektrischen Positivität und Negativität, die in ihrer Ausgleichung gehemmt worden ist.

Zweiter Abschnitt.

Der Flächengalvanismus, eine höhere Form des Voltaischen Galvanismus.

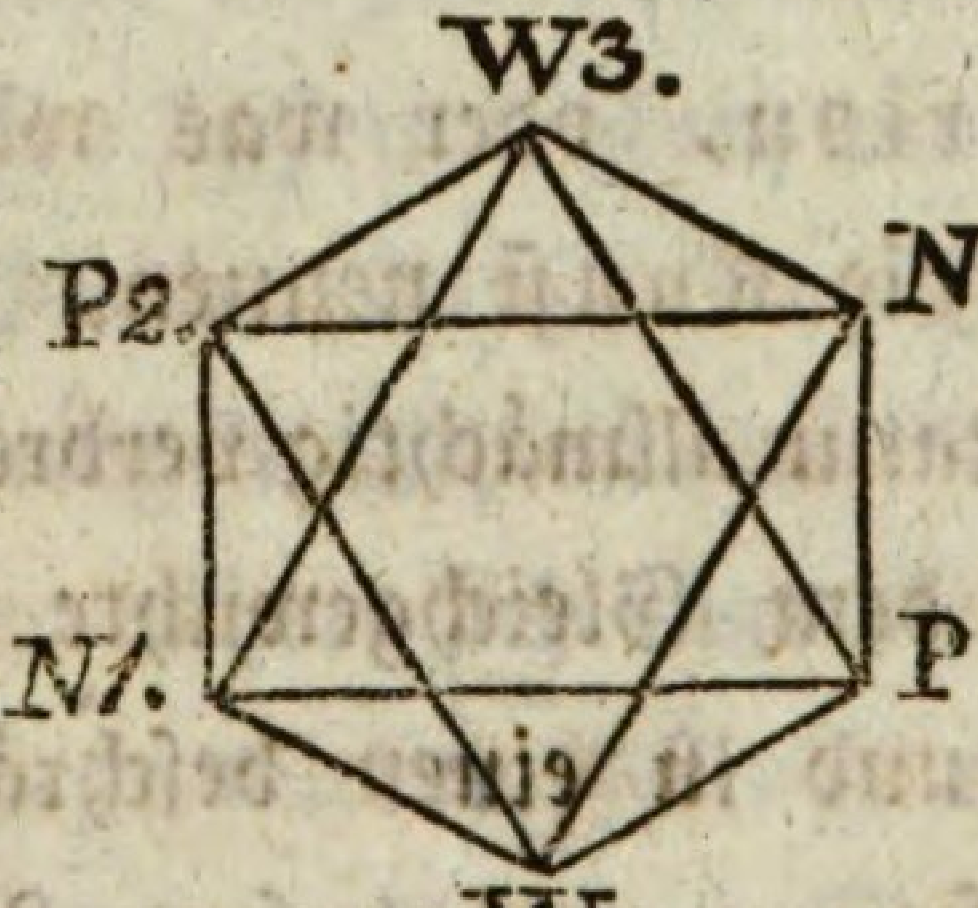
Die Reflexion, oder was wir gewöhnlich in dieser Beziehung die Kunst nennen, führte uns darauf, die in der Natur allmächtig verbreitete galvanische Wirksamkeit aus dem Gleichgewichte ihrer Thätigkeit herauszuheben, und in einen beschränkten Kreis zu bannen, so daß sie nun nach unserm Willen auf diejenige Weise sich äußern muß, welche wir ihr vorschreiben. Wir nennen den dazu gehörigen Apparat eine Voltaische Säule. Erwägen wir aber die Wirkungsart dieser Säule, so finden wir, daß sie bloß nach

der Linie oder nach der Länge ihre Elektricität entwickelt, und zwar auf eine sehr beschränkte Weise, weil jede Kette nur nach zwei Richtungen mit andern Ketten in Wechselwirkung steht, sich aber doch zwischen einer bestimmten Anzahl von Gliedern eine weit größere Combination wirklicher Ketten denken läßt.

Nehmen wir zwei einzelne Ketten, so geben sie nach Volta's Zusammensetzung eine einzelne Reihe:

NPWNPW

und nach der Schließung haben sie nur zwei Berührungspunkte und eine geringe Wirkung. Daß diese zwei Ketten aber die Möglichkeit zu sechs Ketten enthalten und also einer dreifach stärkeren Wirkung fähig sind, als wenn sie nach Volta's Art verbunden werden, wird sich anschaulicher auf geometrische, als arithmetische Weise, zeigen lassen.



Man denke sich N 1. P 2. W 3. und N P W als die zwei Ketten, die also den äußern Linien nach eine geschloßne Voltaische Säule von zwei Ketten bilden. Betrachtet man aber die Figur, so wird man finden, daß

auch P2. W3. N, dann NPW3., ferner N1. PW und endlich N1. P2. W, also allgemein genommen jedes äußere Dreieck der Figur die Möglichkeit in sich enthält, in der Wirklichkeit als Kette aufzutreten. Drei Ketten geben 9 Dreiecke u. s. w., weil in dieser Zusammenstellung jeder Punkt (jedes Glied,) sich zu einem Dreier (zu einer Kette,) erhebt.

Die Wirksamkeit einer solchen Anordnung würde sich also zu der Voltaischen Anordnung wie eine Flächenwirkung zur Längenwirkung verhalten, und sonach stellt sie sich als eine höhere (vollständigere,) Form des Voltaismus dar. Merkwürdig ist es in dieser Figur, daß auch die beiden großen verschlungenen, inneren Dreiecke N1. PW3. und NP2. W Ketten bilden, die aber so groß sind, als die sechs kleinen Dreiecke zusammengenommen, — das wahre Bild multiplicirter Kraft.

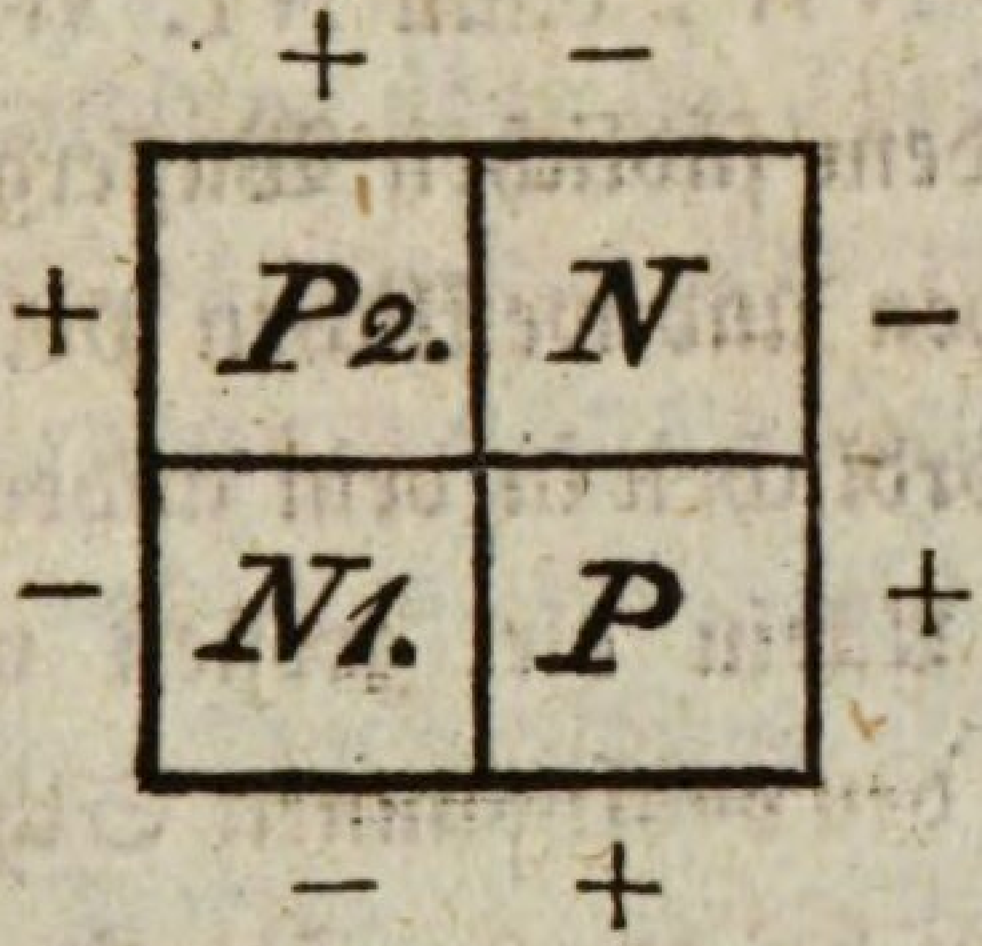
Unstreitig läßt sich dieses in der Idee begründete Verstärkungsmittel der Voltaischen Elektricität in der Wirklichkeit ausführen und dadurch eine größere galvanische Kraft hervorbringen. Wir können die ausgedehnte geometrische Figur auf einen kleineren Raum zusammenziehen, so daß die durch Linien angezeigten Wechselwirkungen aus unmittelbarer Berührung hervorgehen. Denken wir uns nämlich unter N und P heterogene Metalle, so zeigt sich daß P2., N, P und N1. auf einander wirken, und daß von ihnen dann Wirkun-

gen nach W3. und W ausgehen. Sonach können wir diese Erreger vereinigen, was am einfachsten auf folgende Art geschieht:

P2.	N
N1.	P

Hierdurch haben wir sowohl nach der Länge, als nach der Breite den doppelten Contact der Erreger, aber es gehört auch nothwendig dazu, daß jeder einzelne Erreger in einem *Würfel* bestehe. Soll die Säule nur aus zwei Ketten bestehen, so ist ein einziges Wassergefäß zur Vereinigung aller Pole hinreichend, soll aber mit diesen Verstärkungsketten (sie erinnern an den bewaffneten Magnet,) eine *Säule* aufgebaut werden, so gehören zwei Wassergefäße dazu, deren jedes die Pole der verstärkten Erreger besonders aufnimmt, und zugleich diejenigen der nächsten Kette, wie in dem Becherapparate, enthält. Die oben gezeichnete Figur giebt die Art an, wie die Vertheilung vorzunehmen ist. Zwar enthält jedes Wassergefäß anscheinend dieselben Pole, wie das andere, nämlich W3. die Pole NP2. und N1. P, sowie W die ganz gleichen; man wird aber leicht in der Figur finden, daß die Beziehungen nicht dieselben sind, und die Figur der verstärkten Erreger giebt darüber vollends Aufschluß. Nehmen wir näm-

lich die Bezeichnung nach den Himmelsgegenden, so findet sich leicht, daß sowohl von Norden nach Süden, als von Osten nach Westen Contacts-Elektricität entstehen muß, und hieraus ergiebt es sich, daß jeder Würfel ein doppeltes E entwickelt, nach folgendem Schema:



Es müssen nun in das untere oder südliche Wassergefäß folgende Pole geleitet werden:

der Ost- und Westpol der Erreger N1. P,

die südlichen Pole derselben Erreger.

In das obere oder nördliche Wassergefäß aber gehören die Pole:

der Ost- und Westpol der Erreger NP2.,

die nördlichen Pole derselben Erreger.

Am leichtesten und einfachsten geschieht dieß durch Drähte *) von dem gleichen Metalle, es versteht sich

---

*) Die Drähte gewähren zugleich den besondern Vortheil, daß sie vermöge ihrer Spitzen die Elektricität concentriren. Die chemischen Wirkungen solcher

aber von selbst, daß sich die ungleichartigen nicht berühren, wohl aber die gleichartigen in Ein Ende zusammenlaufen dürfen, weil sonst die Contacts-Elektricitäten sich in sich selbst und ohne Wirkung auf das Wasser ausgleichen.

Man könnte den Zweifel hegen, ob nicht, da die Linien P2. W und NW, dann N1. W und PW der Kettenfigur sich in dem südlichen Wassergefäße vereinigen, bloß die östlichen und westlichen Pole in ihm, und die südlichen und nördlichen in dem andern versammelt werden müßten. Allein die großen verschlungenen Dreiecke bilden bloß den vollkommnen Schluß der zwei Ketten, welcher eben bei der Construction einer größeren Säule vermieden werden soll.

Die Vortheile, welche ein solcher mit Verstärkungsketten errichteter galvanischer Apparat vor der Voltaischen Säule vorausbaben müßte, erstrecken sich auf die galvanische Kraft, dagegen ist es begreiflich, daß er den Kosten nach weit höher zu stehen kommen würde.

Säulen werden daher größer, die rein elektrischen dagegen kleiner seyn, als die der gewöhnlichen Säulen, dem gemäß, was oben von den großplattigen Säulen gesagt wurde.

Drit-

Dritter Abschnitt.

Der cubische Galvanismus, eine höhere Form des Flächengalvanismus.

In der Abhandlung über die Theorie der Gährung habe ich gezeigt und durch das Experiment nachgewiesen, daß die Gährung ein galvanischer Prozeß ist, obwohl seiner Art nach von demjenigen der Voltaischen Säule verschieden. Der Vollständigkeit willen muß ich hier mit wenigen Worten das Wesentlichste darüber anführen, wegen des Weiteren aber auf die Abhandlung selbst verweisen.

Der feste und zwar positive Erreger oder P in der Gährung ist das Zymom, ein Körper, den man bisher mit dem unbestimmten Namen Ferment belegte, und der aus einzelnen, kleinsten Kügelchen besteht. Der negative Erreger oder N ist der Zucker; die Indifferenz wie überall das Wasser. Die Kette besteht sonach aus einem festen und zwei flüssigen Leitern. Jedes wirksame Zymomkügelchen mit seiner Zucker-Wasser-Atmosphäre bildet eine Kette, so daß die ganze flüssige Mässe als ein Meer galvanischer Ketten erscheint. Die sphärische Gestalt des Zymomkügelchens wird seine positiv elektrische Kraft nach allen

Seiten ausstrahlen und überall dem Wasser begegnen, eben so die negative des Zuckers. Wie wir also in der Voltaischen Säule nur galvanische Längenwirkung, in der mit verstärkten Erregern errichteten aber eine Flächenwirkung hatten, so stellt sich der Gährungsgalvanismus als cubische Wirkung dar und begründet sonach eine höhere Form des zweiten, und eine noch höhere des ersten.

Die vollkommenste Wirksamkeit hat aber eine Voltaische Säule in ihrem vollkommen geschlossenen Zustande, und es ist bekannt, daß in diesem Falle äußerlich keine Elektricität wahrgenommen wird. Nirgends in ihr sind dann ausgesprochene gemeinschaftliche Pole, wie in der unvollkommen geschlossenen, nirgends ist ein gemeinschaftlicher Nullpunkt zu finden, sondern die größte Gleichförmigkeit herrscht in dem Ganzen. Gerade so ist es auch in der Gährung. Sie stellt ein geschlossenes galvanisches System dar, und eben deßwegen sind ihre Wirkungen von der größten Stätigkeit begleitet.

Es ist leicht einzusehen, daß diese Art des Galvanismus nicht bloß der Gährung eigenthümlich, sondern in der Natur überhaupt höchst verbreitet ist, und daß sie sich auf alle diejenigen Fälle erstreckt, in welchen einzelne Ketten nicht auf beschränkte, sondern allseitige Weise, also in einer gemeinschaftlichen Flüssigkeit mit einander verbunden sind, so daß alle vorhande-

nen Erreger in einer einzigen ungetheilten Wasserindifferenz sich befinden.

Hierzu kommt, wie die folgenden zwei Abhandlungen nachweisen, daß das Zymom selbst nicht nur in der größten Quantität, sondern auch auf das mannigfaltigste modificirt, in den organischen Reichen vorkommt, so daß sich daraus abnehmen läßt, daß diese Art des Galvanismus höchst allgemein seyn müsse, wenn sie auch nicht durch die heftigen Wirkungen des Voltaischen Galvanismus sich kund giebt. Denn die Wirkungen der unvollkommen geschlossenen und isolirten Säule entspringen erst aus einem gestörten Gleichgewichte der Kräfte, dem eben der Gährungsgalvanismus nicht unterliegt. Daß aber auch die Voltaische Art des Galvanismus in den organischen Reichen wirklich vorkommen kann, beweisen die elektrischen Fische, deren elektrische Organe so gebaut sind, daß diejenige Anordnung der Ketten, welche in andern Fischen cubischen Galvanismus giebt, in ihnen zum Voltaischen wird.

Ohne Zweifel kann sich das Experiment auch dieser dritten Art des Galvanismus bemächtigen, und zwar dadurch, daß, wie der Flächengalvanismus sich durch Multiplication der Breite verstärkte, nun noch die Multiplication der Tiefe hinzukomme. Man darf zu diesem Behufe nur noch vier gleiche Würfel auf die vier Würfel des Flächenapparats setzen, jedoch so, daß

immer Kupfer (N) auf Zink (P) und umgekehrt, zu liegen kommt. Hierdurch wird das Ganze auch äußerlich zu einem Cubus. Die Vertheilung der Pole im Wasser geschieht auf die gleiche Weise, als im Flächenapparate.

Von der Wirksamkeit dieses cubischen Apparats gilt dasselbe, was zu Ende des vorigen Abschnitts vom Flächenapparate gesagt wurde, nur auf verstärkte Weise. Die Wichtigkeit dieser Art galvanischer Thätigkeit liegt daher nicht in ihrer Benutzung zur Erbauung eines Apparats, sondern in der Erkenntniß ihrer allgemeinen Verbreitung und ihrer Resultate.

Schluß.

Ueberblicken wir zum Schlusse die Thätigkeitsäußerung des Galvanismus in der Idee, so offenbart sich uns, — da Erreger und Indifferenz sein Wesen begründen, daß sein Entstehungsgrund auf die allgemeine Polarität der Natur und das davon unzertrennliche Streben nach Wiedervereinigung der getrennten Factoren zurückkommt.

Die ersten Factoren der Dinge sind aber Sauerstoff und Wasserstoff, ihre Indifferenz das Wasser; in allen dreien die Möglichkeit alles chemischen Prozesses = Oxydation und Hydrogenation. Denn vom Sauerstoff an erstreckt sich bis zum Wasser

eine Reihe Körper mit einseitiger Negativität, die den Hydrogenationsprozeß sucht, und vom Wasserstoff zum Wasser wieder eine Reihe, die den Oxydationsprozeß begehrt. Das Geheimniß aller Naturwissenschaft liegt also einzig darin, zu zeigen, wie aus der Indifferenz des Wassers neue Differenz, nämlich alle übrigen Dinge hervorgehen konnten.

Da das Wasser vollkommnes Gleichgewicht der Factoren ist, so sind alle übrigen Körper für dasselbe different *), sie haben also in ihrem Zusammentreffen mit ihm eine Tendenz entweder zum Oxydations- oder Hydrogenationsprozeß. Wirken ein positiver und ein negativer Körper zugleich darauf, und zwar mit hinlänglichem Grade des Gegensatzes, so wird es wieder zur Einseitigkeit aufgeregt und in seine Factoren zerlegt. So entsteht der Galvanismus, der also entweder überwiegend vom positiven Körper ausgehen kann, (Galvanismus durch Oxydation,) oder vom negativen, (Galvanismus durch Hydrogenation,) oder endlich von beiden zugleich, (wie es in der Gährung der Fall ist.)

Wie das Wasser die höchste und vollkommenste materielle Indifferenz ist, so ist auch der Galvanismus der höchste und vollkommenste chemische Prozeß. Differenz und Ausgleichung derselben durch Ent-

*) J. J. Wagner's Natur der Dinge, 1803. S. 133.

stehung neuer Differenz, eine ewige Wechsel- und Kreiswirkung ist sein Element, der Schlangenring sein Bild *). So entsteht Tod aus Leben und aus Leben wieder Tod in unaufhörlicher Metamorphose; — und wenn wir uns den Ahndungen hingeben, welche die Resultate der bisherigen Erforschung der Natur **) mit Recht in uns erregen, wenn wir mit dem geistigen Auge den umfassenden, allgegenwärtigen Wirkungen des Galvanismus in allen drei Reichen der Natur nachzublicken streben, dieser Kraft, die sich uns offenbart als das Gesammtreich der drei mächtigen Brüder: des Magnetismus, der Elektricität und des chemischen Prozesses, — gegen welche das Fabelreich des Pluto, Jupiters und Neptuns fast nur wie eine Allegorie erscheint, — so dürfen wir wohl die Worte des Erdgeistes auf ihn anwenden, der da spricht:

In Lebensfluthen, im Thatensturm
Wall' ich auf und ab,
Geburt und Grab,
Ein ewiges Meer,
Ein wechselnd Weben,
Ein glühend Leben,
So schaff' ich am sausenden Webstuhl der Zeit,
Und wirke der Gottheit lebendiges Kleid.

*) Rein geometrisch das Polygon, um das sich der Kreis schlingt.

**) Vergl. auch die dritte Abhandlung.

II.

Theorie
der
geistigen Gährung.

Vorwort.

Bei der Ausarbeitung des Buches, welches zu Michaelis unter dem Titel erscheinen wird:

Die Branntwein- und Weingeistbereitung, insbesondere mittelst Anwendung der Wasserdämpfe. Auf Wissenschaft und Erfahrung gegründet. Mit Kupfern, etc.

setzte ich mir die Aufgabe, die Beschreibung des vollkommensten Apparats und der zweckmäßigsten Methode mit demjenigen Grade wissenschaftlicher Behandlung zu verbinden, welchen unser jetziger Standpunkt gestattet. Die Schwierigkeiten, die sich mir hinsichtlich des lezteren Punktes entgegenstellten, häuften sich besonders bei dem Kapitel der Gährung. Ich glaube indessen hoffen zu dürfen, daß mir ihre Beseitigung gelang. Da nun dieser Theil des Buches, der eine Theorie dieses Phänomens enthält, sowohl seiner selbst, als auch seiner Beziehungen willen zugleich ein unmittelbares Interesse für die Chemie hat und mit den beiden andern hier gegebenen Abhandlungen in

genauer Verbindung steht, so hielt ich es für zweckmäßig, ihn in diesem Zusammenhange und mit den nöthigen Abänderungen hier mitzutheilen, damit er auch von denen gelesen werden könne, welche kein directes Interesse an der Technik nehmen. Insbesondere habe ich die drei ersten Abschnitte desselben, welche von den Bedingungen, den äußern Erscheinungen und innern Veränderungen der geistigen Gährung handeln, bloß auf das nöthigste beschränkt und alle technischen Beziehungen, welche hier Nebensache sind, daraus hinweggelassen.

Wir nennen die Auflösung, durch welche die organischen Körper nach dem Verluste ihres Lebens aus ihrem Zustande der Besonderheit in die Allgemeinheit zurückkehren, Verwesung, Fäulniß, Gährung, in gewissen Fällen auch Säuerung. Die Umstände, die dabei obwalten, verändern die Erscheinungen. Die Chemie, der die Erkenntniß derselben ganz eigenthümlich obliegt, faßte sie unter dem gemeinschaftlichen Namen Gährung zusammen und behielt für die drei distinct zu unterscheidenden Arten derselben die schon gewöhnlichen Bezeichnungen bei: Weingährung oder geistige Gährung, Essiggährung oder saure Gährung, und Fäulniß oder faule Gährung. Diese drei Arten sind vielen Modificationen durch die Beschaffenheit der Umstände unterworfen, ohne daß dadurch neue Arten gebildet würden, dagegen stehen sie sowohl ihren inneren Veränderungen, als der Zeitfolge nach, in einem bestimmten Gradations-Verhältnisse zu einander. Manche Körper nämlich unterliegen, wenn man sie in die geeigneten Umstände bringt, regelmäßig zuerst der Weingährung, dieser folgt dann die Essiggährung und den Schluß macht die

faule Gährung. Nicht immer tritt indessen diese Aufeinanderfolge so regelmäßig ein, namentlich dann nicht, wenn die organischen Körper ohne menschliches Zuthun sich selbst gänzlich überlassen werden. Die Traube, nachdem sie ihre größte Reife erlangt und die Natur also den Vegetationsprozeß auf die höchste Stufe gehoben hat, fault am Stocke und geht aus dem Zustande ihrer höchsten Vollkommenheit unmittelbar zu dem lezten Grade der Verwesung *) über; in die gehörigen Zustände versezt, ist sie dagegen aller drei Stufen der Gährung fähig. Deßhalb muß die Kunst alle ihr zu Gebote stehenden Mittel sorgfältig zusammennehmen, um diejenigen Bedingungen herbeizuführen, welche die jedesmal gerade beabsichtigte Stufe der Gährung auf möglichst vollkommne Weise zum Resultate geben.

Der Alkohol wird durch die geistige Gährung oder Weingährung, welche die erste Stufe unter den verschiedenen Arten dieses Reductionsprozesses einnimmt, erzeugt. Von der Gährung der na-

*) Die Erzeugung des Schimmels ist nicht, wie Einige wollen, eine neue Art der Gährung, also ein weiter zerfallendes Leben, sondern, wie die dritte Abhandlung nachweist, ein wiederbeginnendes Leben, da die Natur ihr Werk, wie Sisyphus, immer wieder von vorn anfängt. Die Entstehung des Lebens selbst können wir aber keine Gährung nennen.

türlichen süßen Säfte, deren Produkt der Wein, und speciell der Alkohol (Geist,) ist, hat sie ihren Namen; die Gährung des Mostes, sowie überhaupt der vollkommnen süßen Säfte, ist ihr Ideal. Wir erreichen deßhalb bei der Erzeugung des Alkohols desto vollkommner unsern Zweck, je mehr es uns gelingt, diesem Ideal nahe zu kommen.

1. Bedingungen der geistigen Gährung.

§. 1.

Eine strenge Critik der Bedingungen der geistigen Gährung kann sich bei dem bisherigen mangelhaften Zustande unserer Kenntnisse über diesen Gegenstand erst bei der darüber anzustellenden wissenschaftlichen Untersuchung ergeben. Um aber als nothwendige Vorbedingung dieser Untersuchung das Phänomen selbst vorerst genauer kennen zu lernen, müssen wir das wichtigste von demjenigen hier kurz vorausschicken, was uns die Erfahrung bisher darüber gelehrt hat.

Als erste und nothwendigste Bedingung zur Herbeiführung der Weingährung giebt sich uns der eigentliche Stoff zur Alkoholbildung zu erkennen, der Zucker in seinen mannigfachen Arten des Vorkommens. Die Chemie nimmt zwei Arten desselben an, den krystallisirbaren und den nicht krystallisirbaren Zucker; fast noch wichtiger aber scheint die Unterscheidung des gährungfähigen und des gährungs-

unfähigen zu seyn. Streng genommen sind sie alle nur Nüancen eines und desselben Körpers, wovon der unkrystallisirbare und der gährungsunfähige als Extreme erscheinen. Als krystallisirbarer erscheint der gewöhnliche, feste Zucker des Handels, als unkrystallisirbarer der Schleimzucker oder süße Schleim; beide sind der geistigen Gährung fähig. Als gährungsunfähig kennen wir den Milchzucker, die Manna und das Glycion. Aber nicht nur in sich selbst besitzt der Zucker so viele Arten und Abarten, sondern er ist auch mit andern Substanzen, z. B. der Stärke und dem Gummi, durch ähnliche Uebergänge in Verbindung; denn dem organischen Reiche ist die Bildsamkeit in einem weit höheren Grade gegeben, als dem unorganischen.

Der krystallisirbare Zucker wird vorzüglich im Zuckerrohr, in den Trauben, Birnen, Pflaumen, und überhaupt in süßen Früchten angetroffen, auch im Honig. Der härteste darunter ist derjenige des Zuckerrohrs. Der nicht krystallisirbare ist ein Begleiter des vorigen, doch findet man ihn auch allein. Er erscheint stets im flüssigen Zustande. Es ist entschieden, daß unter dem Zusatze von Hefen der flüssige Zucker leichter gährt, als der feste. Deyeux und Chaptal *) behaupteten sogar, er sey das wahre

*) Theoretisch-praktische Abhandlung über den Weinbau, von Chaptal, u. s. w. Aus dem Französischen. Wien, 1804. II. S. 85.

Mittel der geistigen Gährung, und durch ihn werde der krystallisirbare Zucker zur Alkoholerzeugung erst geschickt. Ein richtiges Verhältniß zwischen beiden, wie es in dem Moste guter und reifer Trauben angetroffen wird, ist deßhalb für eine vollkommne geistige Gährung sehr vortheilhaft.

§. 2.

Der Zucker, der also die erste Bedingung der Gährung ist, muß im gehörigen Verhältnisse mit Wasser verbunden seyn, nicht nur um die größte Menge der Berührungspunkte und die freiste Bewegung der Theile in dem flüssigen Elemente dadurch möglich zu machen, sondern auch aus dem Grunde, weil der chemische Prozeß selbst, der bei der Gährung statt findet, nur vermittelst der Gegenwart des Wassers möglich ist. Es giebt aber gewisse Grenzen des Wasserzusatzes, denn beide, sowohl eine zu dick- als zu dünnflüssige Meische, sind keiner regelmäßigen Gährung fähig und zu leicht dem Verderben unterworfen. Schon sehr alt ist deßwegen bei der Weinbereitung das Verfahren, den zu wäßrigen Most zur Verbesserung seiner Beschaffenheit bis zu dem gehörigen Grade der Flüssigkeit abzudampfen, oder sich dadurch zu helfen, daß man ihn mit gebranntem Gypse versezt, oder auch daß man die Beeren vor dem Keltern an der Sonne oder in Dörröfen bis zu einem gewissen Grade trocknet. In

allen diesen Fällen wird die darin befindliche, überflüssige Menge des Wassers verjagt.

§. 3.

Zucker und Wasser gehen aber nicht in Gährung über, wenn sie nicht mit einem Gährungsmittel versezt werden. Gährungsmittel (Hefen,) und Gährungsstoff (Ferment,) muß man von einander unterscheiden. Unter dem ersteren versteht man überhaupt einen Körper, der im Stande ist, andere in Gährung zu versetzen, also hier, wo von der Weingährung die Rede ist, einen Körper, der die zuckerigen Stoffe zur geistigen Gährung veranlaßt. Gährungsstoff dagegen ist der wesentliche Bestandtheil des Gährungsmittels, der, abgesondert von allen andern, für sich allein die Gährung erzeugt. Die Chemie führt ihn zwar nicht als einen besondern Stoff auf, wir werden aber in der Folge sehen, mit welchem Rechte oder Unrechte.

Die Gährungsmittel werden bei der Weingährung als eine Verbindung ungleichartiger Theile aus den dabei thätigen vegetabilischen Substanzen ausgeschieden. Das wichtigste und gewöhnlichste derselben gewinnt man bei der Gährung des Bieres. Westrumb giebt als Bestandtheile der von ihm untersuchten Bierhefen folgende an:

Kohlen-

Kohlensäure	15	Theile,
Essigsäure	10	—
Aepfelsäure	45	—
Alkohol	240	—
Extractivstoff	120	—
Schleim	240	—
Zucker	315	—
Kleber	480	—
Wasser	13595	—
	15060	Theile.

§. 4.

Die noch durch keine chemische Zersetzung veränderten Säfte einer großen Anzahl von Pflanzen, und besonders der süßen Früchte, enthalten einen natürlichen Gährungsstoff, wodurch der Zusatz eines fremden Gährungsmittels überflüssig wird. Sie haben in dieser Hinsicht sehr viel vor den künstlichen Zusammensetzungen unserer Meischen voraus, indem sie bloß extrahirt und sich selbst überlassen zu werden brauchen, um in vollkommne Weingährung überzugehen. Der Gährungsstoff, welchen die Trauben enthalten, befindet sich nach Fabroni's Untersuchungen in den Beeren nicht mit dem Zucker vermischt, sondern beide sind von einander in verschiedenen Zellen getrennt. Der erstere hat hauptsächlich seinen Sitz in den feinen Häuten, welche die verschiedenen Behältnisse der Beeren bilden, während der Zuckerstoff in den besondern Zellen, welche

zwischen dem Mittelpunkte und der äußern Schale der Weinbeeren liegen, zuweilen in Krystallen, enthalten ist. Thenard hat dieselben Bemerkungen über den Saft der Johannisbeeren, Kirschen und anderer Früchte gemacht.

Fabroni behauptete, daß in dieser, in den Trauben (und eben so in den Zellen des Zuckerrohrs u. s. w.) statt findenden Absonderung beider heterogenen Stoffe der Grund zu suchen sey, warum sie nicht schon am Stocke einer Weingährung unterliegen, da sie doch gewöhnlich in diesem Zustande sogar einer sehr warmen Temperatur ausgesezt sind, welche die Gährung befördert. Gay-Lüssac glaubte dagegen den Grund dieser Erscheinung in der Abwesenheit des Sauerstoffgases zu finden, welches, wie sich späterhin ergeben wird, zur Gährung der Fruchtsäfte nothwendig ist. Allein die Erfahrung lehrt, daß allerdings auch ganze Früchte, wenn auch nicht so vollkommen, der Weingährung unterliegen, und neuere Untersuchungen haben gezeigt, daß jede Art von Obst Sauerstoffgas aus der Luft wirklich einsaugt und dafür kohlensaures Gas ausathmet, ohne in Gährung zu gerathen. Beide Ansichten sind also unzureichend. Der wahre Grund ist der, daß die gesunde Traube am Stocke noch im Fortschreiten ihres Lebens begriffen und also der Gährung eben so wenig unterworfen ist, als der lebende thierische Körper der Verwesung. Wenn also auch Sauerstoff

von den Früchten eingeathmet wird, so findet doch der Unterschied statt, daß ihn die Vegetation zur Erhaltung des Lebens verwendet, und daß er erst nach ihrem Tode die zerstörende Richtung nimmt.

§. 5.

Ohne allen natürlichen Gährungsstoff ist das Getreide nicht, und es will schon mehreren gelungen seyn, Würze ohne Hefen in Gährung zu setzen. In jedem Falle aber ist die selbstthätige, gährungserregende Kraft des Getreides höchst gering. Da es aber am allerreichlichsten den Gährungsstoff ausscheidet, nachdem es einmal in Gährung gesezt worden ist, so läßt sich schließen, daß einer seiner Bestandtheile zum Gährungsstoff müsse werden können, wenn er eine Modification erleidet. Alle Beobachtungen lassen uns vorläufig vermuthen, daß der im Getreide in so großer Menge enthaltene Kleber diese Substanz sey.

Zur Bestätigung dieser Ansicht mag folgendes dienen. In Bezug auf die oben angeführte Analyse der Hefen zeigte Westrumb, daß bei dem Austrocknen derselben das Ferment nicht zerstört wird, obgleich das Wasser, die Kohlensäure, die Essigsäure und der Alkohol dabei abgeschieden werden. Diese Stoffe sind also unwesentlich. Eben so sind Extractivkraft, Schleim, Zucker und Aepfelsäure nicht vermögend, Gährung zu erregen. Dagegen werden Hefen, denen man durch Filtration den Kleber entzogen hat, gährungsunfä-

hig. Fabroni glaubt, daß der Kleber durch Behandlung mit einer vegetabilischen Säure die Eigenschaft erhalte, Gährung zu erregen. Vermischt man nach seiner Angabe Zucker mit Wasser und Kleber, so erhält man nur schwache Anzeichen von Gährung, es wird aber dann eine weinichte Flüssigkeit, wiewohl langsamer und nur mit Hülfe einer höheren Temperatur, als bei einem Zusatze von Hefen, gebildet, wenn der Mischung ⅕ Weinstein vom Gewichte des Klebers zugesezt wird *).

Aus dieser großen Menge der in den Hefen enthaltenen, unwesentlichen Bestandtheile folgt, daß die Analysen derselben nicht einerlei Resultat geben können, und daß besonders quantitativ die im §. 3. aufgeführten Bestandtheile sehr vielen Abänderungen unterliegen. Hermbstädt **) fand auch noch Phosphorsäure darin, die ohne Zweifel von den Hülsen des Getreides herrührt und gleichfalls unwesentlich ist.

§. 6.

Henry ***) suchte durch Experimente zu beweisen, daß man in mehreren Fällen sich der Kohlen=

---

*) Klaproth und Wolffs chemisches Wörterbuch, Bd. II. S. 347.

**) Chemische Grundsätze der Kunst Bier zu brauen, Berlin, 1814. S. 151.

***) Thomson's System der Chemie, aus dem Englischen von Wolff, Bd. IV. S. 305.

säure mit Erfolg als eines Surrogates der Hefen bedienen könne, auch erinnert man sich hierbei daran, daß man angeblich (mit sehr geringer Wahrscheinlichkeit,) zu Königslutter im Braunschweigischen (unter dem Namen Duckstein,) und zu Wildungen im Waldeckischen aus den dortigen kohlengesäuerten Wassern Bier ohne Hefen brauen soll *). Zwar hat man Gegenversuche angestellt und gezeigt, daß eine Auflösung des reinsten Zuckers in reinem Wasser durch Kohlensäure nicht in Weingährung gebracht werden kann **); doch ist Henry's Behauptung, so viel den Erfolg selbst betrifft, dadurch noch nicht widerlegt, da es wohl geschehen kann, daß nur bei der Anwesenheit von Kleber, also in kleberhaltigen Meischen, durch Kohlensäure der Eintritt einer Gährung möglich gemacht wird. In jedem Falle ist aber nur von einer Mitwirkung und Beförderung, nicht aber von einer selbstständigen Gährungserregung der Säure die Rede, und alles

---

*) Beckmann's Technologie, 6te Auflage, S. 195. Es wäre zu wünschen, daß Jemand durch Untersuchung an Ort und Stelle sich darüber Aufklärung verschaffte und sie bekannt machte, da diese Nachricht, welche gleich anfangs nur in der Begleitung des verdächtigen dicitur auftrat, nach Verlauf von nun vielleicht 30 Jahren noch nicht constatirt ist und doch überall vorkommt.

**) Baierisches Kunst- und Gewerbsblatt, München, 1818. S. 165.

berechtigt uns anzunehmen, daß sie nicht auf den Zuckerstoff, sondern nur auf den Kleber unmittelbar wirkt und mit dazu beiträgt, in ihm diejenige Modification hervorzubringen, wodurch er erst zu einem Gährungsstoffe wird.

§. 7.

Fabroni fand bei seinen Untersuchungen, daß, wenn man den Most der Einwirkung des Feuers aussezt, so daß er die mittlere Temperatur zwischen dem Thaupunkt und Siedpunkte eben erreicht, er gleichsam gerinnt und den Gährungsstoff als Schaum absezt. Je stärker die Hitze ist, welche darauf wirkt, desto mehr wird derselbe verändert und zur Gährung unfähig. Werden süße Säfte anhaltend gekocht, so trennt er sich als eine geronnene Masse, und eine freiwillige Gährung findet nun gar nicht mehr statt. Aus allem diesen folgt, daß eine Temperatur, welche sich der Siedhitze des Wassers nähert oder sie gar übersteigt, den Gährungsstoff ausscheidet und unwirksam macht, so wie es überhaupt der Fall ist, daß ein hoher Wärmegrad, welcher der Verbindung der unorganischen Stoffe in den meisten Fällen sehr günstig ist, die Verbindungen der organischen Körper verändert und zerstört. Für die Praxis ist dieß sehr wichtig.

§. 8.

Eine der größten Streitfragen über die Bedingungen der geistigen Gährung war es von jeher, ob der

Zutritt des Sauerstoffs der Luft dabei nothwendig sey oder nicht. Es wurden viele Experimente dafür und dawider aufgeführt. So viel erhellt vorläufig schon hier, daß, wenn es auch sehr wichtig ist, in dem Gährungsraum immer die reinste Luft zu erhalten, weil das Gegentheil die Entstehung der faulen Gährung begünstigt, doch die Praxis von dieser Frage Umgang nehmen kann, da vor dem Eintritt der Gährung die Meischen der Luft ausgesezt sind, und Versuche sowohl im Kleinen als Großen auf das bestimmteste nachgewiesen haben, daß der Verlauf der Gährung auch ohne Gegenwart des Sauerstoffs der Luft statt findet. Im Kleinen hat Fabroni gezeigt, daß Most, mit einer beträchtlichen Schicht Baumöhl übergossen, demungeachtet gohr. Auch brachte er zwei Unzen Most in den Torricellischen leeren Raum, nach 24 Tagen war das Quecksilber sehr gefallen und nach 37 Tagen völlig durch den Druck der entstandenen Kohlensäure herabgedrückt.

Dagegen hat man wahrgenommen, daß die Gährung dadurch, daß man der sich entwickelnden Kohlensäure durch Verschließung des Gefäßes allen Ausgang versperrt, sehr gehemmt und in ihrer Bewegung zurückgehalten wird, weil nun das Gas mit aller Kraft auf die Flüssigkeit drückt und sich theils in derselben wieder auflösen muß, theils aber auch durch den Druck gegen alle Theile der Flüssigkeit sich anstemmt und in

seiner weitern Entwicklung aufgehalten wird. Es kämpfen hier zwei Mächte mit einander, und es kommt nur darauf an, ob die Kraft der comprimirten Luft oder der Wände des Gefäßes größer sey. Nur aus diesem äußern Grunde ist es nothwendig, die Communication der Atmosphäre mit der gährenden Meische nicht gänzlich abzuschneiden.

§. 9.

Außer den genannten materiellen Bedingungen ist noch die Wärme für den Eintritt der Gährung wesentlich, und zwar ein bestimmter Grad derselben, der sich nicht zu sehr von demjenigen einer temperirten Atmosphäre entfernt. Ist der Wärmegrad zu gering, so wird die Gährung dadurch gänzlich verhindert. Ein Franzose brachte deßhalb, wie Chaptal *) anführt, seinen Most, so wie derselbe von der Presse kam, in Fässer, die er hermetisch verschloß und sodann in einen Brunnen oder Fluß versenkte. Die Gährung wurde dadurch verhindert und die Süßigkeit des Mostes erhalten. Je geringer der Wärmegrad der Atmosphäre ist, desto mehr Wärme muß die Meische erhalten, die in Gährung übergehen soll. Auch auf die Quantität und Qualität der Meische muß indessen dabei Rücksicht genommen werden.

---

*) Abhandlung über den Weinbau, II. S. 76.

2. Aeußere Erscheinungen bei der geistigen Gährung.

§. 10.

Sind die Bedingungen der Gährung, welche so eben entwickelt wurden, nämlich Zucker, Wasser und Ferment unter Mitwirkung der Wärme, auf die gehörige Weise vereinigt worden, so treten eigenthümliche Erscheinungen ein, die in regelmäßiger Ordnung auf einander folgen und dadurch einen Maßstab des Grades abgeben, den die Gährung in den verschiedenen Zeitpunkten erreicht hat.

Zuerst erheben sich kleine Luftbläschen in der Flüssigkeit, die durch ihr Zerplatzen nach und nach einen weißen, schaumartigen Ring an dem Rande des Gefäßes ansetzen. Die Bewegung, welche sie durch ihr immer mehr verstärktes Aufsteigen verursachen, treibt die ungleichartigen Theile der Meische durch einander, diese werden durch die Luftbläschen in die Höhe gehoben und nach dem Zerplatzen derselben durch ihre Schwere wieder zu Boden gesenkt. So steigen und fallen sie in wechselndem Spiele; sie treiben sich herum, stoßen an einander an, alles erscheint verworren und in regelloser Bewegung. Der Umfang der Masse nimmt durch diese Erscheinungen zu, man hört ein zischendes Geräusch, das durch das Platzen der nun einander drängenden Luftbläschen veranlaßt wird. Die Decke sezt sich ihrem Durchgange immer mehr entgegen,

und so kommt es, daß sie nach und nach an den schwächsten Stellen durchbrechen und einen hefenartigen Schaum erzeugen, der bald hier, bald dort die Fläche überzieht. Die Temperatur der Flüssigkeit erhöht sich in dem Verlaufe der Erscheinungen. Die verstärkte Gasentwicklung verbreitet einen sehr angenehmen, ätherartigen Geruch, der jedoch empfindlich stechend ist, wenn man ihn sehr nahe einathmet. Die Bewegungen des durchbrechenden Schaumes nehmen so lange zu, bis endlich die ganze Oberfläche der Flüssigkeit damit überzogen ist; dabei wächst noch immer das Volumen der Masse auf stäte Weise, und kräuselnde Schaumtheile (Locken,) erheben sich abwechselnd über einander auf der schaumigen Fläche.

So erreicht das Phänomen den Culminationspunkt seiner Kraftentwicklung. Die Temperatur der Flüssigkeit hat nun eine Höhe von 22—28° R. erreicht. Einige Zeit nach diesem höchsten Stande fängt der gebildete Hefenschaum wieder zu sinken an, die Masse vertieft sich an mehreren Orten, die Temperatur vermindert sich, der stechende Geruch nimmt ab, die Oberfläche der Flüssigkeit wird reiner und heller. Man bemerkt indessen noch an verschiedenen Stellen fortdauernde Bewegungen, die einen Beweis abgeben, daß der Prozeß noch nicht zu Ende ist. Endlich lassen auch diese nach, und allgemeine Ruhe verbreitet sich über die zuvor bewegte Masse.

3. Innere Veränderungen bei der geistigen Gährung.

§. 11.

Die so eben beschriebenen äußern Erscheinungen hängen auf das genauste mit den innern Veränderungen zusammen, welchen zu gleicher Zeit die Flüssigkeit unterliegt, ja sie sind nur die Folgen dieser innern Veränderungen. Vor der Gährung bestand nämlich die Flüssigkeit aus Zucker, Wasser, Ferment und zufälligen Theilen; durch die Gährung aber entstehen als neue Producte die Kohlensäure, der Alkohol, vegetabilische Säuren und Hefen. Wir wollen diese kurz betrachten.

a. Kohlensäure.

§. 12.

Die Entbindung des kohlensauren Gases ist das erste Phänomen, welches uns bei dem Eintritt der geistigen Gährung auf eine chemische Zersetzung der Flüssigkeit schließen läßt. Da dieser Stoff vorher nicht darin enthalten war, so muß er auf Kosten der Bestandtheile der Gährungssubstanzen gebildet werden, woraus folgt, daß die zurückbleibenden Bestandtheile selbst wieder Aenderungen erleiden. Die Kohlensäure besizt ein weit größeres specifisches Gewicht, als die atmosphärische Luft, man kann sie bekanntlich aus einem Glase in das andere übergießen; deßhalb verdrängt sie bei ihrer Entstehung die über

der Flüssigkeit ruhende atmosphärische Luft, bis sie den Rand des Gefäßes erreicht hat, dann folgt sie dem gewöhnlichen Gesetze der Schwere.

So wie sie sich aus gährenden Flüssigkeiten entwickelt, ist sie indessen nicht rein, was sich schon daraus ergiebt, daß die gewöhnliche Kohlensäure, wie sie aus Kreide durch deren Behandlung mit Säuren, oder aus mineralischen Wassern, entweicht, eine sehr verschiedene Beschaffenheit besizt. Während diese beim Einathmen ein widriges, steckendes Gefühl erregt, ist das Einathmen des fraglichen Gases, wenn man nicht zu viel auf einmal einnimmt, sehr angenehm. Man glaubt den reinsten Alkoholdunst einzuschlürfen.

§. 13.

Die Quantität der aus gährenden Flüssigkeiten sich entwickelnden Kohlensäure richtet sich nach der Menge des vorhanden gewesenen Zuckers. Nach Lavoisier's *) Versuchen liefert der Rohrzucker 35,3 Prozent, nach Hermbstädt **) 32 Prozent und nach Thenard ***) 31,6 Prozent Kohlensäure. Döbereiner †) giebt indessen mehr an, er rechnet nach

*) Traité élémentaire de chimie, Paris, T. I. p. 148.

**) Chemische Grundsätze der Kunst Branntwein zu brennen, Berlin, 1817. S. 194.

***) Annales de chimie, T. XLVI. p. 294.

†) Schweigger's Journal für Chemie und Physik, Bd. XXIII, S. 93.

seinen Erfahrungen für 100 Gran Zucker 96 Cubikzoll Kohlensäure, was nach der Berechnung 44,5 Prozent beträgt. Dieses leztere Verhältniß scheint das richtigere zu seyn, und auch Hermbstädt's Angabe möchte damit übereinstimmen, wenn man erwägt, daß er in seinem Versuche von 20 Lothen Zucker an unzerlegtem Schleimzucker und Säuren 5 Loth, also 25 Prozent, hatte, und daß auch die 10 Cubikzoll Kohlensäure nicht in Anschlag gebracht worden sind, die sich noch im Gasentbindungsgefäße befanden.

b. Alkohol.

§. 14.

Zu den interessantesten Phänomenen der Gährung, sowohl für die Wissenschaft, als den practischen Betrieb, gehört die Entstehung des Alkohols. Die Erfahrung zeigt, daß um desto mehr Alkohol gebildet wird, je mehr zuckerige Theile in der Meische vorhanden waren; beide stehen in einem umgekehrten Verhältnisse zu einander. Je zuckerreicher die Trauben sind, desto stärker wird der Wein.

Eine unmittelbare Folge dieser Umwandlung ist die veränderte specifische Schwere der Flüssigkeit. Sie differirt um desto mehr von der anfänglichen, je mehr die Gährung sich ihrem Ende nähert, denn das specifische Gewicht des Rohrzuckers ist 1,40, dasjenige des Alkohols aber 0,791. Mann kann die Gährung in

Flüssigkeiten von starkem Zuckergehalte zu einer solchen Vollständigkeit bringen, daß der Saccharometer, wenn er vor der Gährung ein bedeutendes specifisches Gewicht angab, nach Beendigung derselben auf Null steht, und daß sogar der Alkoholometer mehrere Grade zeigt.

§. 15.

Wir besitzen viele Versuche über die Quantität des aus zuckerigen Substanzen durch die Gährung sich bildenden Alkohols. Zu Folge der von Thomson *) angegebenen Resultate blieb von den festen, der Gährung übergebenen Bestandtheilen, welche in den ausziehbaren Theilen des Malzes bestanden, im Durchschnitt der fünfte Theil unverändert zurück, und nur vier Fünftel wurden durch die Gährung zersezt. Diese $^4/_5$ gaben 50 Prozent Alkohol von 0,825. Wurde das lezte Fünftel, welches man durch Verdunstung der Flüssigkeit bis zur Trockne gewann, aufs neue im Wasser aufgelöst und mit Hefen versezt, so gohr nun auch dieser Rückstand.

Die Versuche, welche Lavoisier **) und Thenard ***) zu dem gleichen Zwecke mit Rohrzucker anstellten, lieferten Resultate, welche ziemlich genau

*) System der Chemie, V. S. 773.

**) Traité élémentaire de chimie, T. I. p. 134.

***) Anuales de chimie, T. XLVI. p. 294.

hiermit übereinstimmen. Lavoisier erhielt 58 Prozent Alkohol und Thenard 57,16 Prozent. Man darf nämlich nicht übersehen, daß die beiden lezteren reinen Zucker der Gährung unterwarfen, dagegen die von Thomson angeführten Versuche mit ausgezogenem Malze angestellt wurden. Indessen muß man diese Zahlen nur deßwillen reduciren, weil hierunter kein so völlig wasserfreier Alkohol verstanden werden kann, als in der Gährung selbst erzeugt wird. Wir nehmen deßhalb, um der Wahrheit am nächsten zu kommen, 54 Prozent völlig reinen Alkohol als Produkt der Gährung an.

c. Vegetabilische Säuren.

§. 16.

Zu den chemischen Stoffen, welche sich als wirklich neue Producte der Gährung zu erkennen geben, gehören auch die vegetabilischen Säuren. So wie überhaupt diese Säuren leicht in einander übergehen, so findet man auch in den ausgegohrnen Flüssigkeiten bald Aepfelsäure, bald Weinsteinsäure, bald Essigsäure. Aus den Versuchen Fourcroy's und Vauquelin's *) geht hervor, daß selbst dann eine Säure gebildet wird, wenn man auch die Würze ohne Hefen, deren Einwirkung man anfänglich diese Erzeugung zu-

*) Thomson's System der Chemie, V. S. 775.

schreiben wollte, in Gährung bringt. Die Säurerbildung ist indessen nicht beträchtlich, man kann ihre Quantität auf 1 bis 1½ Prozent annehmen. Dabei muß man sich hüten, diejenige Essigsäure dazu zu rechnen, welche etwa zu Ende der Gährung durch Einwirkung des Sauerstoffs der Atmosphäre erst entsteht. Auch Lavoisier und Hermbstädt zählen die vegetabilischen Säuren zu den Gährungsprodukten.

d. Hefen.

§. 17.

Die Hefen, welche man den zuckerigen Flüssigkeiten absichtlich zusezt, werden verwendet und fallen gegen das Ende des Prozesses mit andern unauflöslichen Theilen zu Boden. In der Regel werden aber auch neue Hefen gebildet, die erst vermittelst des Gährungsprocesses zum Vorschein kommen. Der Vorgang ist dieser. Die ganze Beschaffenheit der Flüssigkeit wird durch die Gährung verändert. So wie nun diejenigen chemischen Factoren dabei ausgeschieden werden, welche in die neue Bildung nicht eingehen können, so werden auch die überflüssigen Eiweiß- und Klebertheile in Verbindung mit Schleim, Extractivstoff und Säuren abgesondert, damit sich das Produkt, nach überstandener Crisis und Durchbildung, klären und seinen eigenthümlichen Charakter annehmen könne. Jede neue Bildungsperiode in der Natur tritt in einen Gegen-

gensatz mit derjenigen, die ihr vorherging. Es ist deßhalb eine interessante, hiermit zusammentreffende Beobachtung Döbereiner's *), daß Hefen durch Behandlung mit Weingeist getödtet werden, so wie auch in dieser Beziehung der Umstand Bedeutung hat, daß Zucker in reinem Alkohol unauflöslich ist **). Die Gährung würde nicht beendigt seyn, wenn sie des Gährungsmittels noch bedürfte, und so behauptet das neue Produkt seine Individualität gegen dasjenige, dessen Einfluß es sich so eben entzogen hat.

Zu den nothwendigen Gährungsprodukten gehören die Hefen nicht; dieß beweist schon der Umstand, daß man desto weniger erhält, je reiner der Zucker ist, den man anwendet. Sie verdanken nicht ihm, sondern andern Stoffen ihre Entstehung. Reine Gährungsprodukte sind also nur:

54,0 Alkohol,
44,5 Kohlensäure,
1,5 vegetabilische Säure.

---

*) Schweigger's Journal, XII. S. 229.

**) Man erinnere sich auch an den Gegensatz, der zwischen Alkohol und Essig hinsichtlich ihrer Entwicklung auf den thierischen Körper besteht. Der Alkohol wirkt erregend, der aus ihm erzeugt werdende Essig aber deprimirend.

4. Aetiologie der geistigen Gährung.

§. 18.

Das Geschäft des Arztes beginnt mit der Diagnose, oder derjenigen Untersuchung, welche die Erkenntniß der Krankheit aus ihren Aeußerungen zum Zweck hat. Auch bei der Erforschung anderer Naturerscheinungen bleibt kein anderer Weg übrig, man schließt aus dem Verhalten der Körper auf die Ursachen des Verhaltens und sucht durch Vergleichung mit schon bekannten Thatsachen die vorliegende Frage zu enträthseln. Deßhalb ging hier die Beschreibung der bei der Gährung statt findenden äußern Erscheinungen und die Angabe der dabei entstehenden innern Veränderungen dem Versuche einer Erklärung des Vorganges selbst voraus.

§. 19.

Fassen wir die oben aufgezeichneten Momente der Gährung zusammen, so ergiebt sich, daß sie sich alle auf die Einwirkung des Ferments auf den in Wasser aufgelösten Zuckerstoff reduciren. Nur die Art dieser Einwirkung hat sich in ein Dunkel gehüllt, das die bisherigen Untersuchungen über die Ursachen des Phänomens sehr erschwerte. Es gelang bisher noch nicht einmal, darüber Gewißheit zu erlangen, ob es nur wirklich einen Körper giebt, der ausschließend Gährungsstoff genannt zu werden verdient, oder ob die Eigenschaft, Gährung zu erregen, mehreren Kör=

pern zukommt. Die Chemie hat das Bestehen des Ferments als eines besondern Stoffs noch nicht anerkannt, man findet es nicht unter den Bestandtheilen organischer Körper aufgeführt. Ja man hat häufig sogar die Behauptung aufgestellt, daß der Zuckerstoff auch ohne Ferment in Gährung überzugehen im Stande sey, und daß diese Gährung nur keinen gleichen Grad der Vollkommenheit erreiche. Schon hieraus läßt sich schließen, wie fragmentarisch die Theorien der Gährung seyn werden, welche wir besitzen.

§. 20.

Nach Lavoisier*) verbindet sich aus Veranlassung des Ferments ein Theil des im Zucker enthaltenen Kohlenstoffs mit einem Theile Sauerstoff und veranlaßt die Entstehung der Kohlensäure; ein anderer Theil, der sich mit der erforderlichen Menge Sauerstoff und Wasserstoff vereinigt, bewirkt die Bildung der vegetabilschen Säure, während endlich der dritte Theil Kohlenstoff mit der erforderlichen Menge Wasserstoff und Sauerstoff den Alkohol erzeugt.

Um den Vorgang anschaulicher zu machen, berechnete er auf den Grund angestellter Versuche Tabellen, welche die Bestandtheile der bei der Gährung thätigen Stoffe für einen Zentner Zucker und die daraus hervor-

*) Klaproth und Wolff's chem. Wörterbuch, II. S. 347. und Traité élémentaire de chimie, I. p. 134.

gehenden Resultate enthalten. Nach dieser Berechnung gehen aus folgenden Stoffen:

400 Pfd.	— U.	— Q.	— Gr.	Wasser	
100 =	— =	— =	— =	Zucker	
7 =	3 =	6 =	44 =	Wasser	} = dicken Bierhefen.
2 =	12 =	1 =	28 =	trockne Hefen	}
510 Pfd.	—	—	—		

folgende Producte hervor:

35 Pfd.	5 U.	4 Q.	19 Gr.	Kohlensäure,
408 =	15 =	5 =	14 =	Wasser,
57 =	11 =	1 =	58 =	wasserfreier Alkohol,
2 =	8 =	— =	— =	trockne Essigsäure,
4 =	1 =	4 =	3 =	Zucker=Residuum,
1 =	6 =	— =	50 =	trockne Hefen.
510 Pfd.	—	—	—	

Abgesehen aber davon, daß die dabei zu Grund gelegten Verhältnißzahlen wegen des damaligen Zustandes der analytischen Chemie nicht hinlänglich genau sind, ersieht man aus seiner Erklärung nicht, wodurch denn eigentlich die Zersetzung des Zuckers erfolgt. Sie übergeht sonach gerade den Hauptpunkt der räthselhaften Erscheinung.

§. 21.

Thenard *) suchte diesen Mängeln zu begegnen.

---

*) Annales de chimie, T. XLVI. p. 294, und

Er benutzte dazu die Untersuchungen Fabroni's, der es sich besonders hatte angelegen seyn lassen, die bei der Gährung wesentlichen Stoffe nebst ihren Eigenschaften auszumitteln, und der auch bereits im Jahre 1785 einen Preis von der ökonomischen Akademie zu Florenz wegen seiner Untersuchungen erhalten hatte. Die Ansicht Thenard's ist folgende: Der Gährungsstoff besitzt eine große Verwandtschaft zum Sauerstoff. Er befriedigt sie dadurch, daß sein Kohlenstoff sich mit diesem Bestandtheil des Zuckers zu Kohlensäure verbindet, und dieß ist der Anfang der Gährung. Das Gleichgewicht zwischen den Bestandtheilen des Zuckers ist dadurch gestört, und sie wirken nun so auf einander, daß sie Alkohol und Kohlensäure bilden. Da aber die Menge des vom Fermente abgetretenen Kohlenstoffs nur gering ist und nicht als hinreichend zur alleinigen Bewirkung der Gährung erachtet werden kann, so wird auch ein Theil des im Ferment enthaltenen Wasserstoffs zur Desoxydation des Zuckers verwendet.

Man sieht, daß Thenard sich bestrebte, den Grund der Erscheinung auszumitteln, und daß er ihn in der Neigung des Ferments zur Oxydation ge-

---

Neueste Entdeckungen französischer Gelehrten, herausgegeben von Pfaff und Friedländer, 1803. III. und IV. Stück, S. 133.

funden zu haben glaubte. Wenn dieser Gang allerdings ein glückliches Resultat versprach, weil er auf einer ausgemittelten Thatsache ruht, so blieb doch Thenard bei dieser Thatsache stehen und entledigte sich des wichtigen Restes der Untersuchung durch eine willkührliche Combination, die eben deßhalb unbefriedigend geblieben ist. Die Annahme, daß der Kohlenstoff und Wasserstoff des Ferments beide die Desoxydation des Zuckers veranlassen, kann durch nichts unterstützt werden. Schon Fabroni hatte eine Oxydation des Kohlenstoffs im Ferment durch den Sauerstoff des Zuckers angenommen, und so ist es das hauptsächlichste Verdienst Thenard's, die Verwandtschaft des Ferments zum Sauerstoff genauer durch Versuche nachgewiesen und überhaupt die Ansicht Fabroni's vervollständigt zu haben.

§. 22.

Hermbstädt*) vermuthet, daß das Ferment den Sauerstoff des Wassers zur Vereinigung mit dem Kohlenstoff der gährungsfähigen Substanz disponire, wodurch Kohlensäure erzeugt werde; der Wasserstoff des Wassers trete nun mit einem Theile der ihres Kohlenstoffs nur zum Theil beraubten gährungsfähigen Substanz in chemische Mischung und erzeuge dadurch

*) Chemische Grundsätze der Kunst, Branntwein zu brennen, Berlin, 1817. S. 200.

Alkohol. Der übrige Theil der gährungsfähigen Substanz, der kein Sauerstoff, sondern (in entgegengesezter Ansicht mit Thenard,) nur Kohlenstoff entzogen worden sey, trete nun zur vegetabilischen Säure zusammen, die nach den Umständen die Natur bald der einen bald der andern der sogenannten Pflanzensäuren besitzen könne.

Diese Hypothese unterscheidet sich sonach wesentlich von den vorigen, nicht nur durch die angegebene verschiedene Art der Zersetzung des Zuckers, sondern hauptsächlich auch durch die eigenthümliche Annahme, daß bei der Gährung eine Zersetzung des Wassers statt finde, wovon die früheren Hypothesen nichts enthielten. Sie führt unmittelbar auf die nun noch übrige Ansicht, daß die Gährung ein galvanischer Prozeß sey. Diese Meinung wurde von einigen Chemikern, und zwar zuerst von Gay-Lüssac*) um deßwillen angenommen, weil sie gleichsam keinen andern Ausweg hatten, die Erscheinung zu erklären. Indessen wurde nicht mit Anhaltsamkeit ihre Begründung versucht.

---

*) Schweigger's Journal, a. R. Bd. II. S. 197. Gay-Lüssac's Meinung wurde zuerst bekannt, indessen hatte, wie es scheint, Döbereiner noch früher diese Ansicht, die er in der neuesten Zeit jedoch wieder aufgab. Dasselbe Journal, n. R. XI. S. 458.

§. 23.

Schweigger*) fühlte diese Lücke und machte darauf aufmerksam. Er unternahm es, durch eine Parallelisirung der wichtigsten Erscheinungen der galvanischen Säule mit denen der Gährung Licht über den Gegenstand zu verbreiten. Die Gründe seiner Vermuthung über die Identität beider beruhen auf folgenden Aehnlichkeiten:

1) Drei Körper sind bei dem elektrischen Prozesse an der Voltaischen Säule unentbehrlich, zwei feste Leiter der Elektricität (oder statt deren einer mit einem Temperatur-Unterschied seiner Extremitäten,) und ein flüssiger, oder zwei flüssige und ein fester. Auch bei dem Gährungsprozeß sind drei Körper: Zucker, Ferment und Wasser, erforderlich.

2) Bei beiden kommt es auf eine gewisse Temperatur an.

3) Die Produkte der Voltaischen Säule sind am positiven Pole ein Oxyd und am negativen ein Hydroid. Auch bei dem Gährungsprozesse ist das eine Produkt ein Hydroid, nämlich Weingeist, und das andere ein Oxyd, nämlich Kohlensäure.

4) In beiden Prozessen wird Wärme frei.

5) Die Kraft der Voltaischen Säule wird einzig

---

*) Dessen Journal, n. R. Bd. X., S. 259. und XI. S. 457.

durch solche Körper erhöht, welche der Wirkung ihres positiven Pols günstig sind, und auch bei der Gährung scheinen wenigstens vegetabilische Säuren vortheilhaft zu wirken.

„Wenigstens wäre es zu wünschen, sezt er hinzu, daß es auf irgend eine Art gelingen möchte, den noch in so vielfacher Hinsicht dunklen Gährungsprozeß mehr aufzuklären.“

Diese Vergleichungspunkte sind auf eine sehr scharfsinnige Weise durchgeführt, und wenn sich auch aus den dort zusammen gestellten Thatsachen noch kein entscheidender Schluß auf die Natur des Gährungsprozesses selbst machen läßt, besonders da der erste und wichtigste Umstand, die Bildung einer galvanischen Kette durch Ferment, Zucker und Wasser auf den ersten Anschein so großen Zweifeln unterliegt *), so

*) Ein Hauptresultat, was Thenard bei seinen vielen Versuchen und Bemühungen um die Gährung gefunden zu haben glaubte, ist die Auflöslichkeit der Hefen in Zucker, (worin ihm Döbereiner beipflichtete,) und die Fortdauer dieses aufgelösten Zustandes auch nach dem Zugießen von Wasser. Aus dem Umstande, daß der Zucker mehr davon auflösen könne, als er bedarf, erklärt er den Niederschlag während der Gährung. Wenn diese Angabe wahr wäre, müßte man also eine galvanische Kette von drei, noch dazu innigst gemischten Flüssigkeiten annehmen. Ueberhaupt finden wir fast nirgends so wider-

weist diese Parallele doch mit vieler Zuversicht auf eine bestimmte wissenschaftliche Bahn hin, und wir werden noch in der Folge sehen, ob die aufgefundenen Aehnlichkeiten bloß zufällig, oder ob beide Prozesse wirklich identisch sind.

§. 24.

Die Schwierigkeiten, die sich uns bei der Untersuchung über das Wesen der Gährung entgegenstellen, gründen sich auf den Umstand, daß die dabei thätigen Körper selbst sehr dunkler Abkunft sind. Sie verdanken ihre Entstehung der Vegetation, die aus einigen wenigen Elementen und unter Mischungsabänderungen, die oft so unbedeutend sind, daß sie in gar keinem Verhältnisse mit der Verschiedenheit des Produktes selbst zu stehen scheinen, die mannigfachsten Bildungen in unerschöpflichen Verwandlungen und Abstufungen hervorruft. Wenn uns auch durch die chemische Kunst die Möglichkeit gegeben ist, das quantitative Verhältniß dieser Bildungen ausfindig zu machen, — und selbst dieses unterliegt bei weitem größeren Schwierigkeiten, als die Analyse unorganischer Körper, — so entziehen sich doch die Kräfte, welche diese einfachen Stoffe zu so verschiedenartigen und eigenthümlichen Produkten verbinden, zu sehr unsern Augen.

---

sprechende Thatsachen von den Chemikern aufgezählt, als bei diesem Gegenstande.

Die Art und Weise, wie sich die chemischen Elemente zu organischen Produkten verbinden, ist deßhalb noch sehr dunkel, die Verwandtschaftstafeln der Gasarten selbst, welche die bei weitem überwiegenden Factoren derselben sind, noch höchst unvollkommen, und eben so die Verwandtschaftsgesetze der organischen Stoffe, von denen doch allein ihre wechselseitige Wirkung auf einander abhängt. Da nun gerade diese Umstände die Gährung bedingen, so darf es uns nicht wundern, warum es uns bisher so schwer wurde, da Schlüsse zu ziehen, wo die Vorbedingungen dazu so mangelhaft gegeben waren.

§. 25.

Die chemischen Stoffe sind durch den Lebensprozeß so lange gebunden, als der Organismus durch Nahrung von Außen die Kraft behält, ihre Besonderheit zu überwinden und zu seinem Zwecke zu verwenden. Eine geringere Individualität giebt hierbei ihre Selbstständigkeit für das Daseyn einer höheren auf. Dieß Gesetz ist indessen nicht etwa bloß dem organischen Leben eigen. Die Voltaische Säule bietet uns ganz eigenthümliche Erscheinungen über Abweichungen von den gewöhnlichen Verwandtschaftsgesetzen dar, die aber alle auf die Unterordnung unter eine größere Macht zurückkommen. So wissen wir, daß dadurch Säuren durch blaue Pflanzenfarben geleitet werden können, ohne dieselben zu verändern, und daß man

auf gleiche Weise Säuren durch Lösungen der Alkalien führen kann.

Ist indessen das Leben erloschen und das organische Band gelöst, so regt sich die Eigenthümlichkeit der einzelnen Stoffe wieder, und es kommt nun auf die dabei statt findenden äußeren Umstände an, auf welche Weise der organische Körper sich in Bildungen untergeordneterer Art auflöst und zersezt. Die Erscheinungen der Gährung liefern den Nachweis. Es wird durch die Umstände bestimmt, ob eine Wein-, Essig- oder faule Gährung sich einstellen soll.

§. 26.

Wenn während der Vegetation die Stoffe immer auf neue Weise gebunden und verändert werden, wenn wir dabei ein steigerndes Leben wahrnehmen, so stellt sich der Gährungsprozeß umgekehrt als ein rückschreitender Prozeß dar, als ein ratio inversa des Lebensprozesses, wie ihn Wagner nennt. „Noch einen andern Prozeß, sagt er *), hat das chemische Experiment zu ergründen, nämlich am Lebenden den regressiven oder Todes-Prozeß, die Gährung, welche durchaus nur ratio inversa des Lebensprozesses ist, und aus deren halbretardirtem Gange unter andern die Schwämme (fungi,) kommen. Die Momente der

*) Der Staat, von J. J. Wagner, 1815. Würzburg. S. 261.

Gährung müssen genau aufgefaßt und verzeichnet werden, und ihre Formel, auf welche sie zu bringen sind, ist im umgekehrten Sinne des Lebens Formel."

§. 27.

Der Zucker hat bei dem vorschreitenden Prozesse der Vegetation die besondere Bedeutung, daß er Culminationspunkt der chemischen Pflanzenproduktion ist. Die Art und Weise der Zuckerbildung in der Natur ergiebt dieß selbst. Der Saft der unreifen Trauben enthält Weinstein, schwefelsaures Kali, schwefelsaure Kalkerde, viel Zitronensäure, etwas Aepfelsäure, Extractivstoff und Wasser; allein weder Gummi noch Zucker *). Sowie aber die Trauben sich der Reife nähern, verschwindet die Zitronensäure nach und nach, und Gummi und Zucker erscheinen an ihrer Stelle. Auch die Vergleichung der Mischungsverhältnisse bestätigt diese Ansicht. Durch Stärke, Gummi, bis zum Zucker hinauf, nebst allen dazwischen liegenden Uebergängen, vermindert sich immer mehr der Gehalt des Kohlenstoffs, der Sauerstoff aber nimmt immer mehr zu und erreicht im Zucker verhältnißmäßig den höchsten Punkt. Ueber diesen Punkt hinaus, der die Spitze einer Pyramide darstellt, liegt bloß die Reduktion des Zuckers, wenn er entweder in der lebenden Pflanze selbst zur Nahrung wieder verwendet wird, oder

*) Thomson's System u. s. w. V. Bd. S. 668.

dem Gährungsprozesse anheim fällt, der daraus Alkohol und endlich Säure bildet, also dasselbe Produkt, welches die Natur im Vegetations-Prozesse allmählich bis zur Stufe des Zuckers erhob. Wenn wir ihn durch flüssige oxydirte Salzsäure in Aepfelsäure verwandeln, so bewirken wir dasselbe durch chemische Kunst, wir reduciren ihn zur Säure.

Die Erkenntniß, daß der Zucker Culminationspunkt der chemischen Pflanzenproduktion ist, hat für die Gährung viele Bedeutung, indem daraus klar wird, warum nur er der weinichten Gährung fähig ist, nicht aber die ihm vorhergehenden Stoffe der Pflanzenmetamorphose. Denn bei der Unbeständigkeit der endlichen Dinge bleibt ihm, nachdem er die höchste Stufe erreicht hat, nichts übrig, als wieder davon herabzusteigen.

§. 28.

Die Gährung ist sonach ein Prozeß, der in der Wiederaufregung der Selbstständigkeit derjenigen Elemente besteht, welche der Lebensprozeß besiegt hatte. Wir sind in der Chemie zu sehr daran gewöhnt, Zersetzungen vorzugsweise dadurch entstehen zu sehen, daß ein dritter, mächtigerer Körper (Reagens,) den einen Factor des zu zersetzenden Produkts an sich reißt und dadurch den andern freigiebt, z. B. durch Ausscheidung der in einem Salze gebundenen Säure mittelst einer stärkeren Säure. Es scheint, als wenn man hierdurch lange vom rechten Wege abgeleitet worden sey. Bald

nannte man die Gährung einen Oxydations-, bald einen Desoxydations-, bald einen Decarbonisations-prozeß, und dachte sich in allen diesen Fällen das Eintreten einer einfachen Wahlverwandtschaft, durch welche dem Zucker einer seiner Bestandtheile genommen, die andern dadurch aber in Freiheit gesezt würden. Es giebt genug chemische Fälle, in denen Zersetzungen nicht durch solche gewaltsame Entreißung einzelner Theile des Körpers, sondern nur durch innere Aufregung der Kräfte statt finden, ja öfters wird diese Aufregung nicht einmal durch dritte Körper veranlaßt, sondern erfolgt schon in dem Körper und durch ihn allein, wenn nur sein Zustand, z. B. seine Temperatur verändert wird. Ein sehr nahe liegendes Beispiel giebt die Zersetzung des im Wasser aufgelösten, sauren kohlensauren Kalks in basischen, unauflöslichen Kalk und gasförmige Kohlensäure durch Erhöhung der Temperatur der Auflösung.

§. 29.

Was die Gährung vor vielen andern chemischen Prozessen wirklich voraus hat, ist, daß darin die uns bekannten lezten Bestandtheile der Körper so mannigfaltig in ihrer selbstständigen Beschaffenheit zusammentreffen, daß sie so wenig gewaltsam aufgeregt sind und so viel Freiheit haben, sich ohne äußere Störung und ohne alle Einmischung fremder, heftig wirkender Stoffe wieder zu vereinigen. Eine geschlos-

sene Gährungsstufe enthält ein ganz abgeschlossenes, isolirtes Leben, das sich nur nach den in ihm selbst ruhenden Gesetzen entwickelt und neu gestaltet. Man könnte im Verkohlungsprozesse eine Aehnlichkeit auffinden wollen, da er gleichfalls die Elemente von den Banden des organischen Lebens befreit und aus der Zersetzung neue Produkte hervorgehen läßt. Aber wie gewaltsam und unfreiwillig ist diese Zerstörung, und wie sehr ist sie hierin von der Gährung verschieden, bei der die Elemente gleichsam nur spielend sich trennen und wieder vereinigen, bei der das größte Ebenmaß der Bewegung statt findet, ein so wohlthätiger Grad der Wärme, eine so stäte Dauer. Auch hat man gerade nur hierin den Grund zu suchen, warum diesem chemischen Prozesse die Kraft des organischen, wenn auch anf seiner niedrigsten Stufe innenwohnt. Ein Rest der durch die Zerstörung des organischen Produkts gleichsam in Stücken zerfallenen Lebenskraft rettet sich und wirkt nun wenigstens auf die ihm gebliebene beschränkte Weise.

§. 30.

Gehen wir auf das Einzelne über, so stellen sich uns bei der Gährung das Ferment und der Zucker als thätige Potenzen dar, von deren Daseyn alle Erscheinungen bedingt sind. Insbesondere hat man von jeher angenommen, daß von dem Ferment die Wirkung ausgehe, und es fragt sich daher, welches seine Beschaf-

schaffenheit sey, und was es, da sie beide Produkte organischer Körper sind, vor dem Zuckerstoffe voraus habe, um die Zersetzung zu veranlassen. Das merkwürdigste, was uns hier entgegenkommt, ist sein Gehalt an Stickstoff, und die Aehnlichkeit, welche es dadurch mit thierischen Stoffen hat. Es ist bekannt, daß der Gährungsstoff, wenn man ihn im feuchten Zustande an der Luft stehen läßt, in Fäulniß übergeht und mit allen Erscheinungen fault, welche den thierischen Körpern eigen sind. Auch sein übriges chemisches Verhalten bestätigt diese Aehnlichkeit mit thierischen Stoffen. Behandelt man ihn bei 48 — 60° R. mit verdünnter Salpetersäure, so wird er in eine dem Fette ähnliche Substanz verwandelt; anfänglich entwickelt sich Stickgas, das mit kohlensaurem Gas gemischt ist, später Salpetergas *). Das Kali verhält sich gleichfalls gegen ihn, wie gegen thierische Stoffe, es bildet sich eine Art von Seife, und eine große Menge Ammonium wird entwickelt. Man hat schon öfters Versuche darüber angestellt, durch Tischlerleim anstatt durch Hefen Gährung hervorzubringen, und es findet allerdings zwischen beiden Körpern Analogie statt, die, wie ich gefunden habe, sich auch dadurch kund giebt, daß Hefen, wenn man sie allmählich bis zu einem gelinden

*) Klaproth und Wolff's Wörterbuch, II. S. 354. und Entdeckungen franz. Gel. 1803. IIItes und IVtes Stück, S. 136.

anfänglichen Rösten austrocknet und hernach zwischen den Fingern zerreibt, einen Geruch entwickeln, der von demjenigen des Leims nicht zu unterscheiden ist. Indessen kann der Leim aus Gründen, die sich weiter unten ergeben werden, kein Surrogat der Hefen abgeben.

§. 31.

Diese Aehnlichkeit des Ferments mit thierischen Stoffen war Veranlassung, daß man es mit dem Ausdruck vegeto-animalische Substanz bezeichnete, ein Ausdruck, der bei weitem mehr Bedeutung hat, als Fabroni, der ihn zuerst aufbrachte, damit verbinden wollte. Erwägen wir, daß, wie die Erfahrung täglich bestätigt, die Neigung zur freiwilligen Zersetzung in den thierischen Körpern weit größer ist, als in den vegetabilischen, so möchte man allerdings schließen, daß dieser, wenn auch geringe Gehalt an Stickstoff zu der Wirksamkeit des Ferments viel beitrage, und daß dasselbe in seiner physischen Beziehung sonach nur als ein leichter sich umwandelnder Stoff wirkt, der eben deßhalb den zur Zersetzung hinneigenden Zuckerstoff in seine Metamorphose mit hineinzieht. Von selbst bietet sich hier die Ansicht dar, daß der Gährungsstoff für den aufgelösten Zucker dasselbe sey, was das Miasma für den thierischen Körper.

§. 32.

Forschen wir dem chemischen Grunde nach, aus welchem das Ferment die Zersetzung des Zuckers

veranlaßt, so drängt sich uns vor allem die vielfach bestrittene Frage auf, ob die Gährung bei gänzlicher Ausschließung des Sauerstoffs der atmosphärischen Luft vor sich gehen könne oder nicht. Bekanntlich hat sich besonders Fabroni sehr anhaltend mit der Untersuchung dieser Frage beschäftigt, und glaubte sie dadurch auf immer bejahend entschieden zu haben, daß er Traubenmost theils in den Torricellischen leeren Raum eines Barometers brachte, theils mit einer starken Schicht Baumöhl übergoß, und die Gährung dennoch regelmäßig eintreten und vor sich gehen sah. Die angesehensten Chemiker nahmen seine Meinung an, und sie wurde die herrschende. Sie ist es noch gegenwärtig, obgleich Gay-Lüssac *) schon im Jahre 1810 durch Versuche, auf die er zufällig geleitet wurde, zeigte, daß es wenigstens dem Traubenmoste unmöglich ist, zu gähren, wenn die Einwirkung des Sauerstoffs gänzlich abgehalten wird.

§. 33.

Da diese für die Erkenntniß der Gährung wegen der daraus zu ziehenden Folgerungen so wichtigen Versuche Gay-Lüssacs zum Theil übersehen, zum Theil zu einer Untersuchung über die Natur dieses Phänomens nicht hinlänglich gewürdigt worden sind, so wird es

*) Annales de chimie, Dec. 1810. p. 245 — 259, und Schweigger's Journal, a. R. II. S. 190 — 203.

nothwendig seyn, derselben hier ausführlich zu gedenken.

Gay-Lüssac bemerkte, daß Traubenmost, der ein ganzes Jahr lang dadurch unverändert aufbewahrt worden war, daß man ihn auf bekannte Weise in einer wohlverschlossenen Flasche eine Zeit lang der Temperatur des siedenden Wassers aussezte, nach einigen Tagen in Gährung gerieth, nachdem man ihn in ein anderes Gefäß übergefüllt hatte. Er nahm nun eine Flasche Traubenmost, die schon seit einem Jahre aufbewahrt und noch vollkommen hell war, goß den Most daraus in eine andere Flasche und sezte sie dann sorgfältig verstopft einer Temperatur von 15 — 30° aus. Der Most verlor nach 8 Tagen seine Durchsichtigkeit, es stellte sich Gährung ein, und bald war er in eine weinichte Flüssigkeit umgeändert, die wie der beste Champagnerwein aufschäumte.

Eine andere Flasche Most, wie die erste ein Jahr lang aufbewahrt, aber nicht in Berührung mit der Luft gebracht, gab kein Zeichen von Gährung, obgleich in die günstigsten Umstände zu deren Entwicklung versezt.

§. 34.

Um sich noch größere Gewißheit zu verschaffen, nahm Gay-Lüssac dieselbe Flasche Traubenmost, welche verschlossen zu keiner Gährung zu bringen war, machte mit einer Feile einen tiefen Einschnitt in ihren Hals und kehrte sie dann so unter Quecksilber um, daß

er den Hals losmachen konnte, ohne daß der Most in Berührung mit der Luft kam. Er ließ einen Theil davon über das Quecksilber unter eine Glocke treten, die eine kleine Quantität Sauerstoffgas enthielt, einen andern Theil davon aber in eine andere Glocke, die gänzlich luftleer war. Der erste Antheil kam nach wenigen Tagen in Gährung, aber der zweite zeigte keine Spur davon, selbst nach Verlauf von 40 Tagen. Nachdem die kohlensaure Luft, welche sich während der Gährung des ersten Antheils entwickelt hatte, durch Kali verschluckt worden war, blieb nur ein sehr geringer Rückstand. Daher war das angewandte Sauerstoffgas in sehr großem Maße verschluckt worden.

Zur Bestätigung dieses Versuchs zerlegte Gay-Lüssac die Luft, welche sich noch in verschiedenen, seit einem Jahre aufbewahrten Flaschen Most befand, und fand darin kein Sauerstoffgas.

§. 35.

Nach diesen Resultaten hielt er es für sehr wahrscheinlich, daß frischer Traubenmost nicht gähren werde, wenn man die Trauben ohne Berührung mit der Luft zerquetsche. Er brachte daher unter eine mit Wasserstoffgas gefüllte und mit Quecksilber gesperrte Glocke kleine, noch sehr unverlezte Weintrauben. Sie wurden mittelst eines eisernen Stäbchens zerquetscht und nun einer Temperatur von 15 — 20° ausgesezt. Nach 25 Tagen zeigte sich noch keine Gährung, während sie

sich an demselben Tage in demjenigen Moste zeigte, dem etwas Sauerstoffgas zugesezt worden war. Aber auch der erste Most kam bald in lebhafte Gährung, nachdem er ein wenig Sauerstoffgas erhalten hatte. Es wurde fast gänzlich verschluckt. „Ich habe, sezt Gay-Lüssac hinzu, 120 Mal mehr kohlensaure Luft erhalten, als ich Sauerstoffgas dem Traubenmoste zugesezt hatte, woraus erhellt, daß, wenn der Sauerstoff nothwendig ist zum Beginnen der Gährung, er es nicht ist zu deren Fortsetzung, und daß der größte Theil der entstandenen Kohlensäure erzeugt wird durch gegenseitige Wirkung der Grundstoffe des Gährungsmittels und der Zuckermaterie.“ Es wird sich späterhin ergeben, wie dieses zu nehmen ist.

§. 36.

Aus diesen interessanten Versuchen geht also vollkommen deutlich hervor, daß zur Gährung des Mostes (und überhaupt derjenigen Flüssigkeiten, welche ein natürliches Gährungsmittel im wirksamen Zustande besitzen,) das Sauerstoffgas unumgänglich nothwendig ist. Es ist nun auch leicht einzusehen, worin der Irrthum in den Fabroni'schen Versuchen liegt. Fabroni nahm zu seinen Versuchen Traubenmost, der an der Luft gekeltert worden war und also von dem Sauerstoffgase derselben eine hinreichende Quantität schon eingesogen hatte. Man sieht hier zugleich, daß das sogenannte Mosten, nämlich das Durcharbeiten

der gelesenen Trauben in den Bütten mit einem Stocke, der unten in einige Zinken ausgeht, außer der Verkleinerung der Trauben, wodurch das Keltern erleichtert und die Vermischung der Bestandtheile der Trauben (§. 4.) bewerkstelligt wird, zugleich den wichtigen Erfolg hat, den Most mit einer hinreichenden Quantität Sauerstoff zu verbinden.

§. 37.

Es fragt sich nun, wie die Gährung derjenigen Stoffe sich verhalten werde, denen ein fremdes Gährungsmittel erst zugesezt werden muß. Nothwendig muß das Resultat dieser Untersuchung vielen Aufschluß über die Natur des Ferments geben.

Gay-Lüssac nimmt es zwar als ausgemacht an, daß, wenn die Gährung mittelst Bierhefen veranlaßt werde, keine Mitwirkung des Sauerstoffgases erforderlich sey. Er hat indessen nicht eben so genaue Versuche darüber angestellt, als über die Gährung des Mostes, sondern seinen Schluß bloß aus der von andern gemachten Angabe gezogen, daß, wenn man Bierhefen und Zuckerwasser in ein Gefäß bringt, das vollkommen damit angefüllt ist, die Gährung auf dieselbe Art statt findet, wie an freier Luft. Da hierbei immer noch der Einwand möglich bleibt, daß das Wasser, in welchem der Zucker aufgelöst wurde, an und für sich schon Luft (und zwar $^1/_{30}$ seines Volumens, die noch dazu um 10 Prozent sauerstoffreicher, als die gewöhn-

liche, ist,) enthalten habe, so stellte ich wegen der Wichtigkeit der Folgerungen selbst mehrere Versuche mit frischer, stark ausgekochter Bierwürze an. Durch pneumatischen Apparat wurde der Zutritt der äußern Luft gänzlich abgehalten.

Die Gährung stellte sich jedesmal mit aller Stärke ein, so daß nicht der geringste Unterschied gegen eine Gährung an freier Luft zu erkennen war, und eben so war ihr Verlauf. Ein solches Resultat war nicht anders als zu erwarten, da, wenn auch das Ferment der Bierhefen in seiner ersten Entstehung noch nicht den zur Erregung weiterer Gährung nöthigen Sauerstoff enthalten sollte, es doch zu viele Gelegenheit und zu große Neigung hat, denselben aufzunehmen, als daß wir einen solchen Zustand bei ihm noch muthmaßen könnten, als sich in dem Ferment der süßen Früchte vor ihrem Auspressen kund giebt. Aus den Versuchen Gay-Lüssac's geht hervor, daß schon das Umgießen des Mostes aus einem Gefäße in ein anderes hinreicht, den Gährungsstoff zu einem wirklichen Gährungsmittel zu machen, wie viel mehr Gelegenheit haben aber die gewöhnlichen Hefen, Sauerstoff aufzunehmen.

§. 38.

Es ergiebt sich also die wichtige Thatsache, daß das Ferment der süßen Früchte vor seiner Berührung mit der Luft einen andern Zustand hat, als dasjenige,

welches bei der Gährung des Biers gewonnen wird. Die einfachste Ansicht ist, daß diese Verschiedenheit durch die Oxydation veranlaßt wird, so daß man das aus dem Biere ausgeschiedene Ferment als ein Oxyd gegen dasjenige betrachten muß, welches sich noch in dem unveränderten Zustande befindet, in welchem es die Vegetation erzeugte. Thenard's Erfahrungen, nach welchen selbst das ausgeschiedene Ferment noch eine große Tendenz zur Oxydation hat, bestätigen diese Ansicht.

Dennoch darf ein Umstand nicht übergangen werden, der damit nicht zu stimmen und auf andere Ideen zu lenken scheint. Man machte vor einigen Jahren in Frankreich die Erfahrung, daß verschiedene Obstsorten in kohlensaurem Gase in Gährung gerathen. Um sich genauer davon zu überzeugen, sezte Döbereiner *) in drei graduirten, mit Quecksilber gesperrten Glasröhren 1) eine reife Kirsche, 2) eine kleine Traube reifer Johannisbeeren und 3) zwei reife Weinbeeren mit gasförmiger Kohlensäure in Berührung. Jede der genannten Früchte absorbirte in Zeit von wenig Stunden etwas mehr als ein ihr gleiches Volumen Gas, ohne in ihrem Umfange vergrößert zu werden, und nach ungefähr 24 Stunden gieng jede derselben in Gährung über, unter Entwicklung einer Menge von Kohlensäure,

*) Gilbert's Annalen, Bd. LXXII. S. 430 — 431.

deren Raum nach wenig Tagen den der anfangs absorbirten Säure viele Male übertraf und sich noch weiter um vieles vergrößerte, als die Früchte in der Röhre durch ein gebogenes Eisen zerquetscht worden waren. Döbereiner schließt daraus, daß in den oben angeführten Versuchen Gay-Lüssacs die Function des Sauerstoffs nur die gewesen sey, Kohlensäure zu bilden. Er fragt dabei: „Sollte vielleicht das im Traubensafte u. s. w. enthaltene Ferment basischer Natur seyn und eine Verbindung mit Kohlensäure eingehen können?"

§. 39.

Allerdings hat diese Vermuthung den ersten Schein des Experiments für sich. Begreiflich ist es indessen, daß die Versuche Gay-Lüssac's hierdurch auf keinen Fall verlieren. Beide reihen sich neben einander, und bei reiflicher Ueberlegung muß man sogar jenen eine noch größere Bedeutung beilegen, da die Kohlensäure ein erst aus Kohlenstoff und Sauerstoff zusammengesetztes Produkt ist, die Anwendung des Sauerstoffs für sich allein also ein reineres Resultat vermuthen läßt. Fassen wir alle Umstände zusammen, so gewinnt der Schluß, daß die Kohlensäure bloß dadurch wirke, daß sie Sauerstoff enthält und an das Ferment abgiebt, eine große Wahrscheinlichkeit.

Um die Sache zu entscheiden, wollen wir erwägen, auf welche Art in den Gay-Lüssac'schen Versuchen die Bildung dieser, in ihrer Bedeutung von der später-

hin entstehenden so sehr verschiedenen Kohlensäure, vor sich gegangen seyn müßte, wenn der Sauerstoff bloß als Mittel, Kohlensäure zu erzeugen, gedient hätte. In dem Zucker finden wir keine Neigung zur Oxydation, er ist schon ein Oxyd mit einem Gehalte an Sauerstoff, der mehr als 50 Prozent beträgt, auch wird er durch denselben nicht verändert. Das Ferment dagegen besizt eine sehr große Tendenz zu dieser Verbindung, wie sich aus der bekannten Hinfälligkeit seiner Natur, insbesondere aber aus Thenard's Versuchen sehr deutlich ergiebt. Sonach ist es keinem Zweifel unterworfen, daß aus dem Fermente selbst der Kohlenstoff genommen werden müßte, um Kohlensäure zu bilden, und daß erst der Rest der Bestandtheile sich mit derselben zur Bildung des Gährungsmittels vereinigen könnte. Der Prozeß wäre also eine Decarbonisation des Ferments, und erst das decarbonirte Ferment im Stande, sich mit der Kohlensäure zu verbinden und das Gährungsmittel darzustellen. Nimmt man aber dieß an, so muß nothwendig auch eine Decarbonisation vorhergehen, wenn anstatt Sauerstoffgas, wie in den Döbereiner'schen Versuchen, die Kohlensäure unmittelbar zu der gährungsfähigen Substanz gebracht wird. Hier befinden wir uns aber in einen Gordischen Knoten verwickelt, der uns die Unwahrscheinlichkeit dieser Annahme nachweist. Denn eine solche vorhergehende Decarbonisation bei der Gährung in kohlen-

saurem Gase anzunehmen, dazu finden wir weder in der Erfahrung, noch in der Idee eine Stütze.

Gehen wir aber auch über diesen Anstoß hinaus und nehmen, um das Wie unbekümmert, keine Decarbonisation an, so sind die Hefen des Biers nach jener Ansicht ein kohlensaures Ferment. Nun wissen wir aber aus der Erfahrung, daß Kohlensäure daraus entwickelt wird, wenn die Hefen durch eine noch größere Aufnahme von Sauerstoffgas aus der Luft in Fäulniß übergehen. Die Sprache der Natur ist hier sehr verständlich und zeigt uns an, daß der durch die erste Oxydation dazu gekommene Antheil Sauerstoff noch nicht hinreichend war, sich dem darin befindlichen Kohlenstoff so activ entgegen zu stellen, daß daraus die Bildung der Kohlensäure hervorgehen konnte, sondern daß eine noch größere Oxydation erforderlich ist, um die Macht (Polarität,) des Sauerstoffs im Fermente so zu steigern, daß endlich beide Stoffe, Kohlenstoff und Sauerstoff, darin nicht mehr neben einander bestehen können, sondern daß ihre Tendenz, die entstandene Entgegensetzung durch unmittelbare Vereinigung auszugleichen, nun stärker ist, als das Band, welches sie zur Constituirung einer gemeinschaftlichen Verbindung zusammenhielt. Nirgends ist also ein Grund vorhanden, der uns schließen ließe, daß das Ferment in seiner wirksamen Beschaffenheit aus Kohlensäure und einer Basis zusammengesezt sey; auch hat

Thenard im Gegentheil dargethan, daß die Behandlung mit Kali es in Fett verwandelt und Ammonium daraus entwickelt, was bei jener Annahme nicht wohl statt finden könnte.

§. 40.

Viel einfacher und mit allen Erscheinungen übereinstimmender ist es, eine Oxydation des Ferments anzunehmen, wodurch es gerade den Grad der Säuerung erhält, welcher nöthig ist, um ihm die Eigenschaft eines Gährungsmittels zu ertheilen. In diesem Falle muß vermuthet werden, daß in den Versuchen Döbereiner's die Kohlensäure nach ihrer Einsaugung zerlegt wurde, um dem Fermente Sauerstoff zu geben; eine Annahme, welche, da wir hier mit Körpern organischen Ursprungs zu thun haben, gar nichts Befremdendes hat. Wir wissen, daß jede Art von Obst aus der Luft Sauerstoffgas einsaugt, daß also diese Einathmung des Sauerstoffs zu ihrer Natur gehört, in der Regel ist und ihren Lebensprozeß bedingt. Auch haben mehrere Versuche über die Vegetation *) es außer Zweifel gesezt, daß die Pflanzen die Kraft haben, die Kohlensäure zu zerlegen.

Nach dem Bisherigen müssen wir also für das Ferment zwei verschiedene Zustände annehmen, den unoxydirten und den oxydirten.

---

*) Thomson's Chemie, IV. S. 237.

§. 41.

Eine, wie sich in der Folge ergeben wird, besonders wichtige Frage ist nun die, ist das Ferment ein flüssiger oder fester Körper, ist es in den gährungsfähigen Flüssigkeiten auflöslich oder nicht. Die verschiedenen Untersuchungen, welche bisher darüber angestellt worden sind, haben uns nur ein sehr schwankendes Resultat hinterlassen, welches darauf hinaus kommt, daß ein Theil desselben auflöslich sey, ein anderer wieder nicht. Nichts berechtigt uns indessen, es als einen Körper von so zweideutiger Natur uns vorzustellen. Wollte man die Auflöslichkeit eines Theils des Ferments *) behaupten, so könnte man es leidlicher Weise nur dadurch thun, daß man annähme, das unoxydirte sey auflöslich, das oxydirte aber nicht. Ich werde aber zeigen, daß es in beiden Zuständen unauflöslich ist.

§. 42.

Durch die Wahrnehmung, daß Hefen durch Wein-

*) Die Hefen, wie sie aus gährender Würze ausgeschieden werden, sind allerdings kein einfacher Körper, sondern bestehen aus wirklichem Ferment, Extractivstoff, Gummi, Zucker, Kleber, vegetabilischen Säuren, Wasser, Hopfenharz, Hopfenöhl und andern zufälligen Körpern. Der gebräuchliche Pluralis für dieses compositum mixtum ist daher ganz passend. Bei der obigen Untersuchung ist aber nur von dem reinen Gährungsstoff die Rede.

geist getödtet werden, zusammengehalten mit dem Umstande, daß sie sich chemisch wie eine thierische Substanz verhalten, wurde Döbereiner *) auf den Gedanken gebracht, zu untersuchen, ob sie vielleicht infusorieller Natur seyen. Eine angestellte mikroskopische Betrachtung mit rein ausgewaschenen Bierhefen gab das Resultat, daß die aus einem Gemenge von Hefen und Wasser bestehende Flüssigkeit eine große Menge kleiner, runder, fast gleich großer Körner, welche ganz durchsichtig sind, aber durchaus keine infusorielle Bewegung haben, enthielt. Auch die durch Weingeist getödteten Hefen, und Hefen, welche mit der hundertfachen Menge Wassers gekocht waren, erschienen unter dem Mikroskop als ein Haufwerk kleiner durchsichtiger Körner, und es war mithin, wie Döbereiner hinzusezt, kein Amylon, was sich gezeigt hatte, weil die Körner des lezteren viel größer und weniger zusammenhängend, als die der Hefen sind.

Ich wiederholte diese Untersuchungen, um mich weiter zu unterrichten, und fand sie gänzlich bestätigt. Selbst in dem möglichst ausgetrockneten Zustande, in welchem die Hefen schon eine anfängliche Röstung erhalten hatten, bestanden sie noch aus solchen Kügelchen. Diese Kügelchen sind außerordentlich klein und der ein=

---

*) Schweigger's Journal, a. R. XII. S. 232.

zige Bestandtheil der reinen Hefen *). Sie haben keine Verbindung unter einander, sondern sind dicht auf einander aufgehäuft. Bringt man etwas Wasser dazu, so lassen sie sich darin vertheilen, so daß sie ganz vereinzelt an manchen Stellen daliegen. Sie werden nicht aufgelöst, man kann es an keinem einzigen Körnchen wahrnehmen. Eben so verhalten sie sich in Zuckerwasser.

§. 43.

Schon hieraus läßt sich folgern, daß das oxydirte Ferment ein unauflöslicher Körper ist. Die weiter angestellten Versuche bestätigten diese Ansicht. In einer Flüssigkeit, welche man mit Hefen zur Gährung angesezt hat, sind diese Kügelchen sehr zahlreich, aber gleichmäßig vertheilt. Die Behauptungen Mehrerer, daß Flüssigkeiten, welche während ihrer Gährung filtrirt wurden, nach der Filtration eine neue Gährung beginnen könnten, beruhen alle auf mangelhaften Versuchen. Nimmt man das Filtriren zwei oder auch drei Mal vor, so findet durchaus keine Gährung weiter statt. Denn, wenn es auch wegen der außerordentlichen Kleinheit

*) Als Döbereiner frische, ausgewaschene Hefen mit Weingeist behandelte, färbte sich der leztere schwach gelb und hatte einen bitterlichen Geschmack. Ich habe mich durch Eindicken der Flüssigkeit überzeugt, daß die Ursache in dem Hopfenharze und Hopfenöhle liegt, welches die aus Bierwürze gewonnenen Hefen enthalten.

heit der Kügelchen sehr schwer hält, selbst durch das oftmaligste Filtriren sie alle abzuscheiden, so lange die Flüssigkeit eine gewisse Quantität Zucker enthält, so ist doch durch ein sorgfältiges zwei= oder dreimaliges Filtriren ihre Anzahl wenigstens so vermindert, daß nun keine weitere Gährung eintreten kann. Mikroskopische Beobachtungen gaben auch hierüber die Bestätigung. Eine ganz sorgfältig und mehrmals filtrirte, gährende Flüssigkeit enthält eine weit geringere Anzahl Kügelchen, und ganz abgelegenes und ausgegohrnes Bier, sowie ganz fertiger Wein, sind gänzlich davon frei. Eine solche öfters filtrirte, gährende Flüssigkeit geht bloß in Essiggährung über, die allerdings aber um so leichter und eher eintritt, als die Flüssigkeit nicht bloß Zucker, sondern nun auch Alkohol enthält. Wein vom Jahre 1822 hatte zu Anfang des Jahres 1825 noch Kügelchen, die bald einzeln, bald in kleinen Zusammenhäufungen, herumschwammen.

Dagegen begann eine Auflösung von Zuckersyrup wieder in Gährung zu gerathen, die nur ein einziges Mal und zwar in dem Zeitpunkte filtrirt worden war, als sich eben die Oberfläche mit einem weißen Schaume überzogen hatte, die Gährung also gerade in ihre Stärke eintrat. Bei der Untersuchung mit dem Mikroskop, unmittelbar nach der Filtration, hat sich aber auch ergeben, daß eine große Quantität Hefenkügelchen mit hindurch gegangen war.

Die feste Beschaffenheit des oxydirten Ferments in der gährungsfähigen Flüssigkeit geht also hieraus auf das entschiedenste hervor, und hierdurch wird die oben angeführte Ansicht Thenard's widerlegt, daß der gährende Zucker einen größeren Theil Gährungsstoff aufgelöst enthalte, als zur Zersetzung nöthig ist, und daß nur dieses Uebermaß sich niederschlage. Er behauptete, ein Saft in Gährung müsse nicht gerade Hefen absetzen, sondern es könnten diese auch ganz im Zucker bleiben, indem alles bloß von der Menge abhänge, die der Zucker davon enthalte; man dürfe einer Flüssigkeit in dem Augenblick, in welchem sie in Gährung geräth, nur eine große Menge Zucker beifügen, um durch Kunst diesen Fall willkührlich hervorzubringen.

§. 44.

Wenn nun das oxydirte Ferment ein fester, in den gährungsfähigen Flüssigkeiten unauflöslicher Körper ist, so fragt es sich, wie ist die Beschaffenheit des unoxydirten. Eine einfache Erwägung der Umstände ergiebt schon, daß auch dieses in unaufgelöster Beschaffenheit sich in den Früchten befindet, denn die Beschaffenheit der Hefenkügelchen muß uns nothwendig auf den Gedanken bringen, daß ihre Gestalt nicht etwa erst durch einen chemischen Oxydationsprozeß hervorgebracht wird, sondern daß sie ein Resultat der Vegetation selbst ist. Man könnte zwar auf die Meinung kommen, daß, da die Hefen, wie

schon oben erwähnt wurde, einige Aehnlichkeit mit fettigen Körpern haben, die Gestalt der Kügelchen etwa dadurch entstehe, daß sie aus einer vorher bestandenen Auflösung durch den Zusatz von heterogenen Flüssigkeiten in dieser sphärischen Form ausgeschieden würden. Dieß ist aber keineswegs der Fall, und eine Vergleichung unter dem Mikroskop mit einer Auflösung von ätherischen Oehlen, welche durch Wasser getrübt worden war, zeigte, daß dieser Prozeß ein ganz verschiedenes Resultat giebt. Das Oehl vereinigt sich allmählich wieder zu größeren und ganz ungleichen Blasen, die von den Kügelchen ganz und gar verschieden sind.

Directe Versuche zum Beweis der Unauflöslichkeit auch des unoxydirten Ferments sind schwierig anzustellen. Das einfachste wäre noch, eine Vorrichtung zu treffen, daß man süße Beere ohne Berührung mit Sauerstoffgas und im zerquetschten Zustande unter das Mikroskop brächte. Auch dieses geht aber nicht so leicht. Als ich Theilchen von ganz frischen Aepfelschnitten unter das Mikroskop brachte, zeigten sich die Kügelchen in großer Menge. Aus den weiteren Untersuchungen wird sich indessen die Richtigkeit der aufgestellten Ansichten von selbst ergeben.

§. 45.

Daß das Ferment in einem großen Maße bei der Gährung des Extracts aus Getreidearten, besonders des Malzes, ausgeschieden wird, ist eine bekannte

Thatsache. Noch immer ist aber dieser Prozeß unerklärt geblieben *), weil man bei der Zerlegung der Getreidearten diesen Stoff nicht fand, der Kleber nach den bisherigen Untersuchungen als etwas specifisch verschiedenes erkannt werden mußte, da er keine Gährung erregen kann, und sonach nichts übrig blieb, als die Meinung aufzustellen, daß die Hefen nicht etwa ein Edukt, sondern ein Produkt der Gährung seyen. Ich hoffe die Ueberzeugung zu geben, daß das Ferment, abgesehen von seinen Oxydationsstufen, als solches nicht nur überall ein und dasselbe, also ein ganz eigenthümlicher Stoff ist, sondern daß es auch weit häufiger in der Natur verbreitet ist, als man annimmt.

§. 46.

Schon früher war mir eine versuchte Analyse des Klebers von Taddei **) interessant. Er knetete frischen Kleber so lange mit frischen Zusätzen von Alkohol, als die Flüssigkeit bei der Verdünnung mit Wasser noch milchicht wird. Die alkoholische Auflösung sezt dann

*) Chaptal stellt noch in seinem neusten, interessanten Werke: Chimie appliquée à l'agriculture, 2 Tomes, Paris, 1823, die Ansicht auf, das Ferment sey beinahe immer ein Stoff, der schon angefangen habe zu gähren, und der eine mehr oder weniger große Menge Kleber enthalte.

**) Schweigger's Journal, a. R. Bd. XXIX. S. 514. — 516.

in der Ruhe eine weiße, mit kleinen Fasern durchzogene Substanz ab und wird vollkommen durchsichtig. Nach langsamer Abdunstung bleibt als Rückstand ein Stoff in honigartiger Consistenz zurück, den Taddei Gliadin (von γλία, gluten,) nannte. Er ist mit etwas gelber, harziger Substanz gemischt, welche durch Digestion mit Schwefeläther ausgezogen werden kann. Den vom Alkohol nicht aufgelösten Rückstand des Klebers nannte er Zymom, (von ζύμη, Ferment).

§. 47.

Die Eigenschaften des Gliadins gab Taddei auf folgende Art an. Das getrocknete Gliadin hat eine strohgelbe Farbe, ist in dünnen Stücken durchsichtig, spröde und von süßlichem Geruch, wie Honigwaben. Erwärmt verbreitet es den Geruch gekochter Aepfel. Auf der Zunge hängt es an und schmeckt süß und balsamisch. Es ist leicht auflöslich in kochendem Alkohol, aber beim Erkalten wird die durchsichtige Auflösung bald trüb und behält nur eine geringe Menge Gliadin aufgelöst zurück. Es läßt sich wie einen Firniß auftragen und wird dann von kaltem Wasser nicht aufgelöst, sondern bloß etwas erweicht. Durch siedendes Wasser wird es in einen Schaum verwandelt und theilt ihm ein milchichtes Ansehen mit. Es ist leichter als das Wasser und bringt in zuckerhaltigen Substanzen eine Gährung hervor, geht auch schon für sich selbst in eine schwache Gährung über.

Das durch wiederholtes Sieden mit Alkohol gereinigte Zymom dagegen bildet kleine Kügelchen, die sich zu einer gestaltlosen, harten, aber wenig zusammenhängenden Masse anhäufen. Es ist aschgrau. Gewaschen mit Wasser verliert es die ihm eigne Klebrigkeit und wird an der Luft braun. Es ist leichter als das Wasser. Es gährt nicht nach Art des Klebers, sondern geräth unter Entwicklung eines urinösen Geruchs in Fäulniß. In Essigsäure und in den Mineralsäuren lößt es sich bei der Siedhitze vollständig auf. Es wird in mehreren vegetabilischen Körpern gefunden und bringt Gährung hervor, die nach Art der beigemischten Substanzen verschieden ist.

§. 48.

Eine Untersuchung mit dem Mikroskop gab mir über diesen Gegenstand wichtige Aufschlüsse. Als ich völlig reinen, mit Wasser ausgewaschenen Kleber darunter brachte, bemerkte ich sogleich zwei verschiedene Substanzen, nämlich eine große Masse ganz derselben Kügelchen, aus welchen das Ferment besteht, welche aber nicht mit den Kügelchen verwechselt werden dürfen, von denen Taddei spricht, da diese schon dem bloßen Auge als graue Klümpchen erscheinen, dann zweitens eine zähe gelblich-bräunliche, an mehreren Stellen durchscheinende Substanz, welche die Kügelchen umhüllt hatte und dem Ansehen nach mit Harz verglichen werden kann. Am besten kann man sich eine Vor-

stellung davon machen, wenn man sich einen Haufen dicht zusammenliegender, durchsichtiger oder vielmehr durchscheinender Hefenkügelchen von Honig durchdrungen denkt, auf der Oberfläche mit mehreren schmutzigen Stellen versehen. Es ergab sich daraus das wichtige Resultat, daß der Kleber wirklich kein einfacher Körper ist, ferner daß die Hefen kein Produkt der Gährung sind, sondern in dem Kleber verschlossen liegen, und daß endlich bei der Gährung des Malzextracts die Hefenkügelchen nur von ihrer harzartigen Verbindung befreit werden, also als ein Edukt zum Vorschein kommen.

Nach den angestellten Versuchen halte ich die Taddeische Zerlegung des Klebers für unvollkommen. Auch ich erhielt durch Behandlung mit Alkohol eine milchichte Flüssigkeit. Sie enthält aber Hefenkügelchen, auch bekommt sie ihre milchichte Beschaffenheit auf gleiche Art, wie eine Verbindung von Zucker und Hefen, zu der man Wasser gießt. Es war mir nicht möglich, durch das sorgfältigste und wiederholteste Auswaschen mit Alkohol das Zymom frei von Gliadin darzustellen. Als ich ein sechs- oder siebenmaliges Auskochen mit Alkohol hinzufügte und ein kleines Stückchen der Substanz unter das Mikroskop brachte, zeigte sich, obgleich die Masse die von Taddei beschriebenen grauen Klümpchen darstellte, wenig Verschiedenheit mit dem gewöhnlichen Kleber, und die Kügelchen, de-

nen man den Namen Zymom geben kann, waren noch immer in die zähe Substanz eingehüllt. Offenbar hielt also Taddei diesen noch zusammengesezten Körper für das Zymom, während auch das Gliadin nicht rein war, da es Gährung, und zwar noch mehr zu erregen im Stande gewesen seyn soll, als das Zymom. Das Zymom allein ist gährungserregend; es ist aber aus Döbereiner's Versuchen, die ich bestätigt fand, klar, daß die ofte und starke Behandlung mit Alkohol alle Gährungskraft überhaupt getödtet haben mußte. Auch ist das reine Zymom schwerer als Wasser, (Hefen senken sich zu Boden,) während Taddei angiebt, daß Gliadin und Zymom leichter seyn sollen, und doch das Produkt, der Kleber, anerkannt specifisch schwerer ist. Auch die Behauptung, daß das Zymom sich in den Säuren bei der Siedhitze auflöse, bedarf einer Berichtigung. Es findet, wenn man Kleber mit starken Mineralsäuren übergießt und der Siedhitze aussezt, eine Verkohlung des Gliadins statt, die Zymomkügelchen findet man dagegen noch vor. Schon in gewöhnlicher Temperatur entwickeln sich dabei, wie man unter dem Mikroskop wahrnimmt, jedoch langsam, viele Luftblasen, die wahrscheinlich Stickgas und Kohlensäure sind und von dem Gliadin herrühren.

§. 49.

Die Trennung der beiden Bestandtheile des Klebers hat überhaupt viele Schwierigkeiten, da man durch die

anzuwendenden Mittel entweder den Körper selbst, oder wenigstens die gährungserregende Kraft des Zymom's zerstört und doch beide so fest zusammenhängen. Sobald man ein chemisches Mittel aufgefunden haben wird, das Zymom, wie es in der Gährung der Fall ist, rein daraus auszuscheiden, ohne dabei Stoffe zu gebrauchen, welche seine Gährkraft tödten, wird man aus Kleber unmittelbar ein Ferment darstellen können.

Die Natur bewirkt diese Befreiung des Zymom's von dem harzartigen Körper durch die Vegetation, und zwar auf ihrer chemisch höchsten Stufe, nämlich der Zuckerbildung. Die süßen Säfte enthalten das Zymom in einem wirksamen Zustande, und es ist bekannt, daß auch das Walzen, bei dem gleichfalls Zuckerstoff erzeugt wird, nicht nur auf die Gährung im allgemeinen, sondern auf die Hefenerzeugung insbesondere einen günstigen Einfluß hat.

Als ich Malz auf Kleber behandelte, erhielt ich eine Masse, die nicht klebrig war, und in der, wenn man sie unter dem Mikroskop betrachtete, die Kügelchen bei weitem freier sich befanden, so daß sie sich leichter einzeln absonderten. Indessen ist es mir nicht geglückt, damit Gährung zu erregen. Dagegen ist Malzextract, wie Thomson *) behauptet, im Stande, für sich selbst in Gährung überzugehen, seine Neigung zum

*) System der Chemie, IV. S. 767.

Gähren aber ist nicht groß genug, als daß der Prozeß mit der erforderlichen Schnelligkeit und Vollständigkeit vor sich gehen könnte. Die Flüssigkeit wird also früher sauer, ehe die Weingährung vollendet ist, und deßhalb ist der künstliche Zusatz des Ferments unentbehrlich.

§. 50.

Es wurden schon viele Versuche angestellt, außer den Hefen noch andere Gährungsmittel aufzufinden, auch fand Fabroni *), daß der glutinöse Bestandtheil des Käses unter Mitwirkung von Weinstein eine schwache Gährung zu erregen im Stande sey. Ich habe schon oben behauptet, daß allerdings das Ferment, welches wir zur Vermeidung der Unbestimmtheit, welche an diesem Namen klebt, in seiner Reinheit für die Folge lieber Zymom nennen wollen, ein bei weitem mehr verbreiteter Körper sey, als man gewöhnlich annimmt. Mikroskopische Untersuchungen haben es dargethan und geben mehreren schon von Andern aufgefundenen Aehnlichkeiten eine bestimmte Richtung, während sie überhaupt geeignet sind, eine ganze Klasse von Pflanzenkörpern zu berichtigen.

Der Umstand, daß man schon öfters versuchte, durch Tischlerleim Gährung hervorzubringen, und daß dieser Stoff mit den Hefen, sowie mit dem Kleber Aehnlichkeit hat, wie auch Klaproth und Wolff

---

*) Klaproth und Wolff's Wörterbuch, II. S. 352.

in ihrem Wörterbuche *) bemerken, veranlaßte mich, ihn gleichfalls unter dem Mikroskop zu betrachten. Es war überraschend, ganz dieselbe große Anhäufung der gleichen Kügelchen darin zu bemerken, wie in dem Kleber, auch sind sie gleichfalls in eine gelbliche, durchscheinende, jedoch hellere und reinere Masse eingehüllt, so daß beide Körper auf das gleichartigste darin verbunden erscheinen.

Auf gleiche Art verhält sich Hausenblase, nur ist der zähe Stoff darin schmutzig weiß. Die Masse ist gänzlich mit Kügelchen angefüllt, so daß diese fast den Hauptbestandtheil ausmachen.

Bekanntlich löst sich der Leim in Wasser, besonders in siedendem, leicht auf. Ich untersuchte eine solche Auflösung, fand aber auch hier die Kügelchen, so daß man sieht, daß die völlige Auflösung nur scheinbar ist, und daß der Leim oder die thierische Gallerte, wie man sie gewöhnlich darstellt, ein durch zwei andere zusammengesezter Körper ist, von denen man nur den auflöslichen Theil Gallerte nennen sollte.

§. 51.

Ich unterwarf die Milch einer gleichen Untersuchung, da ich aus dem erst kurz zuvor erwähnten Versuch Fabroni's vermuthete, daß sich gleichfalls Zymom in ihr befinden würde. Sie enthält so äußerst

---

*) II. S. 126. Siehe auch unten die Anmerkung zu §. 67.

viele Zymomkügelchen, daß sie ganz damit angefüllt ist. Beim Gerinnen werden sie von einem zähen, durchscheinenden, schmutzigweißen Körper eingeschlossen, der in ihrer Vereinigung den Käsestoff darstellt. Auch dieser ist also eine zusammengesezte Substanz. Durch das Aufkochen der Milch sichert man bekanntlich ihre Erhaltung an der Luft, ohne Zweifel weil das Zymom dadurch unwirksam gemacht wird.

Butter und Schmalz enthalten gleichfalls noch Zymom, erstere noch mehr, als lezteres. Durch das Auslassen der Butter wird die Milch und ein Theil der Kügelchen hinweggeschafft, und so finden wir auch hier, daß man die Haltbarkeit der organischen Körper vergrößert, wenn man sie ihres Zymom's beraubt.

Thierischer Eyweißstoff enthält kein Zymom.

§. 52.

Da durch Fabroni's Versuch die gährende Kraft der Milchkügelchen nachgewiesen, also eine genaue Beziehung zwischen ihnen und den Kügelchen des Klebers und der Hefen zu vermuthen ist, so befremdete es mich nicht mehr, bei der mikroskopischen Betrachtung des Blutes zu finden, daß die sogenannten Blutkügelchen gleichfalls nicht davon zu unterscheiden sind. Sie haben die ganz gleiche Beschaffenheit, etwa die röthliche Farbe ausgenommen. Der Combination wegen ist dieses Resultat sehr wichtig, aber es würde die Grenzen einer Untersuchung über die Gährung überschreiten,

wenn ich es mit den ferner darüber gemachten Versuchen hier weiter verfolgen wollte. Dieß soll an einem andern Orte *) geschehen. Einstweilen geht schon jezt so viel hervor, daß das Zymom ein sehr verbreiteter organischer Körper ist, der ohne Zweifel in dem vegetabilischen und animalischen Lebensprozesse eine sehr wichtige Rolle spielt.

§. 53.

Durch das Gesagte soll indessen keineswegs behauptet werden, daß das in so vielen Körpern vorkommende Zymom in allen auch in demselben chemischen Zustande befindlich sey. Es ist sogar das Gegentheil zu vermuthen, insbesondere kann das in den Thieren vorkommende, sowie dasjenige, welches die Gährung schon überstanden hat, höher oxydirt seyn, als das eigentliche Ferment, und genauere Untersuchungen müssen erst über diesen verschiedenen Zustand bestimmen. Wir sind es gewohnt, die organischen Körper in so vielen Nüancen auftreten zu sehen, daß sie auch hier nicht befremden können.

So viel ist indessen gewiß, daß das Zymom ein eigenthümlicher Körper ist, der seine besondere Stelle in der Chemie eben so gut verlangt, als der Zucker, und daß es, wenn es in der Weingährung wirken soll, aus dem Vegetationsprozesse hervorgegangen seyn muß.

---

*) S. die dritte Abhandlung.

Es wird dann desto mehr wirken, je mehr es von seinem harzartigen Körper, der es sehr fest hält, befreit, d. h. je mehr das Verwandtschafts-Verhältniß zwischen beiden aufgehoben ist. Auch dieser begleitende Körper ist sehr vielfachen Umwandlungen durch den Lebensprozeß unterworfen und verdient auf gleiche Weise in seinen Modificationen aufgesucht und genauer bestimmt zu werden. Das Resultat wird eine weit größere Genauigkeit in unser Verzeichniß organischer einfacher Substanzen bringen und für die Chemie überhaupt sehr fruchtbar seyn. Daß sich auch die Verhältnißzahlen aller derjenigen Körper, welche Zymom enthalten, und welche man bisher für einfach hielt, berichtigen müssen, versteht sich von selbst.

§. 54.

Außer dem Zymom und dem Wasser, dessen Natur keinem Zweifel unterliegt, ist noch der Zucker zur Gährung nothwendig. Seine Beschaffenheit hat die Chemie bei weitem mehr ins Klare gesezt, so daß darüber wenig zu sagen ist. Auch nehmen wir ihn hier als Repräsentant aller der verschiedenen Arten seines Geschlechts; einzelne Abweichungen in dem Verhalten der lezteren werden am schicklichen Orte vorkommen. Es bleibt uns sonach, da wir die drei bei der Gährung unentbehrlichen Stoffe im Einzelnen kennen, nur noch zu untersuchen übrig, auf welche Art sie in ihrem Zusammentreffen wirken.

§. 55.

Wir finden vorerst, daß diese drei Stoffe ein sehr merkwürdiges Verwandtschafts-Verhältniß gegen einander zu erkennen geben. Thenard *) zuerst stellte die Behauptung auf, daß Hefen in Zucker auflöslich seyen, und daß man, um die Auflösung zu bewirken, in einem Mörser die Hefen in Form eines Teigs mit Zucker abreiben und sie dann zwei Stunden lang in Berührung lassen müsse. Auch Döbereiner **) kam darauf, Hefen mit Zucker zusammen zu reiben; seine Angabe des Erfolgs ist weit bestimmter und genauer, als die erstere. Als er 1 Loth mit vielem Wasser ausgewaschene und stark ausgepreßte Spundhefen in einer Reibschale mit 1 Unze gepülverten Zucker zusammenrieb, bemerkte er die merkwürdige Erscheinung, daß der Zucker plötzlich deliquescirte, und daß sich beide zu einer homogenen, syrupartigen Flüssigkeit vereinigten, die in kleinen Massen vollkommen durchsichtig erschien, und welche er für eine chemische Mischung hält. Dieser Hefensyrup geht nicht in Gährung über, sondern bleibt in Wärme und Kälte unverändert, er läßt sich nicht in trockner Form darstellen, sondern nimmt, der lang anhaltenden gelinden

---

*) Entdeckungen franz. Gelehrten. 1803. IIItes und IVtes Stück, S. 134.

**) Schweigger's Journal, a. R. Bd. XII, S. 234.

Wärme in einer Porzellanschale ausgesezt, bloß einen dickflüssigeren Zustand an, wobei er klebriger und durchsichtiger wird. Stärker erhizt bläht er sich auf, wird braun, und geht endlich in Kohle über. Mit wenig, ungefähr ¼ bis ⅓ Wasser läßt er sich vermischen, ohne merklich verändert zu werden, mehr Wasser aber zersezt ihn, d. h. es macht ihn milchicht und scheidet die Hefen wieder aus. In diesem durch Wasser zersezten Zustande geht er leicht in die weinichte Gährung über, wobei noch ein großer Theil Hefen ausgeschieden wird, wenn die Verdünnung des Syrups nur mit 2 oder 3 Theilen Wasser geschehen war. Wird er mit ¼ Wasser vermischt bis zum Kochen erhizt, so verliert er die Eigenschaft, bei nachfolgender Verdünnung mit 2 — 3 Theilen Wasser zu gähren, nicht. Auch Hefen, welche auf einem Filtrum so weit ausgetrocknet wurden, daß sie sich zwischen den Fingern zerreiben ließen, machten gepülverten Zucker noch liquid.

§. 56.

Ich habe diese Erscheinungen bei der Wiederholung der Versuche vollkommen bestätigt gefunden. Gersten- und Candiszucker verhalten sich auf ganz gleiche Weise. Die Verbindung geht, wenn die Temperatur beider Körper nicht zu gering ist, mit überraschender Schnelligkeit vor sich. Erst wenn die Hefen eine beginnende Röstung erlitten haben, verlieren sie diese Eigenschaft. Syrup verhält sich auf gleiche Weise.

Thenard ließ sich verleiten, auch der Verbindung des Zuckers mit Wasser diese Auflösungskraft der Hefen zuzuschreiben, sowie aber diese Thatsache selbst, so sind auch seine daraus gezogenen und schon erwähnten Folgerungen unrichtig.

§. 57.

Es war natürlich, diese Verwandtschaft beider Stoffe als sehr bedeutungsvoll für die Gährung zu erachten. Um sie noch näher auszumitteln, unternahm ich es daher, mehrere andere Stoffe, die in Beziehung zur Gährung stehen, mit Zucker zusammen zu reiben. Ich vermuthete vorerst, daß weder Stärke *) noch Milchzucker, da beide sich durch Hefen nicht zur Gährung bringen lassen, diese Verwandtschaft haben würden. Meine Vermuthung wurde bestätigt, es ist keine homogene Verbindung damit zu Stande zu bringen. Eben so wenig zwischen Zucker und Kleber oder Käsestoff, ja nicht einmal mit Hefen, die durch Behandlung mit Weingeist, sowie durch das Kochen mit Wasser ihre gährungserregende Kraft verloren hat-

*) Die Stärke ist als solche keiner Gährung fähig, wohl aber dann, wenn sie auf irgend eine Weise vorher in eine zuckerige Substanz verwandelt wird. Dieß geschieht nach Döbereiner auch dann, wenn man die mit Ferment vermischte Auflösung derselben einer Temperatur von 25 — 30° R. aussezt. Schweigger's Journal, n. R. XI. S. 457.

ten und auf gleichen Grad der Trockne, als die Hefen, gebracht worden waren. Sonach ergiebt sich das wichtige Resultat, daß die Nüancen des Zymom's und Zuckers nur dann gährungsfähig sind, wenn sie diejenige Beschaffenheit besitzen, welche zur Bildung des Hefenzuckers erforderlich ist. Eine merkwürdige Bestätigung findet sich in folgendem. Es wurde früher (§. 9.) bemerkt, daß man durch Kälte die Gährung abhalten könne. Ein Versuch zeigte mir ganz übereinstimmend, daß Zucker und gepreßte Hefen in der Kälte sich nicht mit einander verbinden. Man muß sie sehr lange zusammenreiben, endlich werden sie durch die Friction erwärmt, und erst dann geht langsam die Verbindung vor sich, die aber nicht eher den gleichen Grad der Flüssigkeit besizt, bis die Masse auch den gleichen Grad der Temperatur erlangt hat.

§. 58.

Es lag mir nun daran, diese Verbindung, welche Döbereiner mit Recht Hefensyrup nannte, auch unter dem Mikroskop zu betrachten, um der Beschaffenheit des darin befindlichen Zymom's nachzuforschen. Hier zeigte sich nun die höchst interessante Erscheinung, daß zwischen beiden Stoffen keineswegs eine wirkliche chemische Durchdringung (synthesis,) statt findet, sondern daß die Zymomkügelchen noch unverändert darin vorhanden sind und der Zucker in einem deliques-

cirten Zustande sich auf das gleichartigste mit ihnen verbunden hat. Es ist dieß eine sehr sprechende Bestätigung der von mir an einem andern Orte *) aufgestellten mehrfachen Verwandlungsformen der Körper und der Behauptung, daß die gewöhnlich angenommenen Verbindungsarten derselben, nämlich Mengung und Mischung, viel zu sehr beschränkt sind. Der vorliegende Fall ist ein Beispiel der Adhäsion in dem dort gegebenen Sinne des Worts, nämlich des Bestrebens zweier Körper, sich chemisch zu verbinden, wobei aber die Form des einen sich als Hinderniß in den Weg stellt.

§. 59.

Das Experiment spricht sonach aus, daß allerdings zwischen diesen beiden Stoffen ein entschiedenes Verwandtschafts-Verhältniß vorhanden ist, daß aber dem Resultate dieser Verwandtschafts-Aeußerung etwas entgegensteht, das ihre chemische Durchdringung nicht zuläßt. Die neuern Fortschritte der Chemie haben dargethan, daß alle Verwandtschafts-Aeußerung auf Polarität der Stoffe zurückkommt, sonach wird es geeignet seyn, zu untersuchen, welches das polarische Verhalten beider Stoffe sey. Es leuchtet hier sogleich vor, daß der Zucker, der mehr als 50 Prozent Sauerstoff enthält, der negativ elektri-

---

*) System der Technik, Berlin 1822. §. 206. Anmerk.

sche Körper, in der gewöhnlichen Bedeutung des Wassers, seyn müsse, so wie es auch aus der Lehre der Elektricität schon bekannt ist, daß er zu den Nichtleitern gehört.

§. 60.

Es fehlen noch genaue Analysen über das Ferment, die wohl gegenwärtig nicht mehr ausbleiben werden, nachdem die Nothwendigkeit erkannt ist, das Zymom als einen eigenthümlichen chemischen Stoff zu betrachten. Die beste, welche wir bisher haben, ist eine Analyse Thenard's *). Er erhielt bei der Destillation des Gährungsstoffs aus einer kleinen Retorte von 8 Theilen 2,83 Theile als Rückstand, welche Kohle waren. Außerdem wurden 1,61 Wasser, 1,31 Oehl, und, nach einem Zusatze von Salzsäure, 1,46 salzsaures Ammonium gebildet. Es entbanden sich dabei 0,33 Gas. Von diesem war nur $^1/_5$ kohlensaures Gas. Nachdem dieses durch Kali abgeschieden worden war, brannte der Rückstand wie kohlenhaltiges Wasserstoffgas. Zu seinem Verbrennen wurden 15 Volumtheile Sauerstoffgas erfordert.

Rechnet man die verbrauchte Salzsäure ab, so beträgt der bei der Analyse statt gehabte Verlust $^1/_8$ der angewandten Quantität, sie ist also wenig befriedigend. Indessen geht doch wenigstens so viel her-

---

*) Klaproth und Wolff's Wörterbuch, II. S. 355.

vor, daß der überwiegende Bestandtheil in den Hefen der Kohlenstoff ist, (nach der Rechnung 47 Prozent,) daß auch der Wasserstoff einen ansehnlichen Theil beträgt (nach der Rechnung 14 Prozent,) und daß sonach offenbar die Negativität des Sauerstoffs darin von der Positivität der übrigen Stoffe unterdrückt und der Körper ein positiv elektrischer ist.

§. 61.

Das chemische Verhalten des Ferments stimmt hiermit zusammen. Es ist bekannt, daß es nach Säuerung strebt, daß es im feuchten Zustande und in Berührung mit der Luft den Sauerstoff absorbirt und damit Kohlensäure bildet. Wenn man statt atmosphärischer Luft sich des Sauerstoffgases dabei bedient, so ist die Wirkung noch schneller, und $^9/_{10}$ des Gases verschwinden. Es bleibt nur Kohlensäure zurück, deren Volumen etwas weniger beträgt, als das des angewendeten Sauerstoffgases. Ueber seine Positivität kann deßhalb kein Zweifel obwalten.

§. 62.

In diesem entgegengesezt polarischen Verhalten beider Körper haben wir daher den Grund ihrer Verwandtschaft zu suchen. Da sie sich aber nicht chemisch durchdringen können, so möchte der Vergleich nicht unpassend seyn, daß sich beide wie zwei in Contact begriffene heterogene Metalle verhalten, die wohl ein elektrisches Verhältniß zu ein=

ander haben, das aber nicht bis zum chemischen Prozeß ausschlagen kann. Der Zucker wird indessen dabei flüssig, und zeigt dadurch seine größere Neigung, seine Individualität aufzugeben, so wie er sich denn auch wirklich in der nachfolgenden Gährung zersezt. Das Zymom dagegen hat wohl eine Tendenz zum chemischen Prozeß, es will aber seine Individualität demselben nicht zum Opfer bringen. Die oben beschriebenen Versuche zeigen, daß es selbst durch mehrstündiges starkes Kochen mit verdünnter Schwefelsäure seine Gestalt nicht aufgibt, und selbst aus der Gährung geht es unzerstört hervor.

§. 63.

Wir sind hier absichtslos, durch die Natur der Stoffe selbst, zum Galvanismus hingeführt. Indem wir aber in der Gährung seine wirkende, mächtige Kraft nachzuweisen suchen, stellen wir sie auf die höchste Stufe des analytischen, chemischen Prozesses. Es wird sich im weitern Verfolge ergeben, in welchem Grade sie es verdient.

§. 64.

Die beiden entgegengesezt elektrischen Körper, Zucker und Zymom bedürfen zur galvanischen Wirkung noch des indifferenten Wassers. Gerade dadurch, daß Zucker und Wasser, und Zucker und Ferment, nicht aber Wasser und Ferment, sich verwandt sind, ist die Möglichkeit des Galvanismus gegeben,

weil nun eine elektrische Spannung eintreten kann, während außerdem Ausgleichung statt fände. Nur bei einer Spannung ohne Selbstausgleichung, aber durch mittelbare Ausgleichung (des indifferenten Wassers,) erfolgt Galvanismus.

Die Kette, aus einem festen und zwei flüssigen Leitern bestehend, ist nun in ihrer völligen Reinheit gegeben; ihre Polarität wird durch Wärme erhöht. Aus dem Vorausgehenden erhellt, daß nur diese drei Stoffe zur Gährung wirklich nothwendig und unentbehrlich sind, daß von ihnen aber auch kein Glied fehlen darf. Alle Versuche, den Zucker für sich allein in seiner Verbindung mit Wasser, ohne Hefen, zur Gährung zu bringen, beruhen, wenn sie in einzelnen Fällen wirklich theilweise glückten *), auf dem übersehenen Umstande, daß er Zymom enthielt, welches in dem Zuckersafte in reichlicher Menge enthalten ist, bei der Verarbeitung nicht gänzlich ausgeschieden wurde, (man betrachte Zuckerwasser unter dem Mikroskop,) und seine Wirksamkeit zum Theil beibehalten zu haben scheint.

Die Wichtigkeit des Umstandes, daß das Zymom seine Unauflöslichkeit und seine Beschaffenheit als

*) Mir sind sie wegen der Reinheit des angewendeten Zuckers nicht geglückt, noch weniger mit Zucker, der mit Alkohol behandelt worden war.

ein fester Körper so hartnäckig behauptet, erscheint hier erst in ihrem ganzen Umfange. Denn allerdings hat es viele Schwierigkeiten, eine galvanische Kette aus drei sich mischenden Flüssigkeiten zu bilden, eben weil die Erscheinung des Galvanismus, wenigstens wenn sie mit dem Momente der Geburt nicht auch sogleich wieder erlöschen soll, eine solche elektrische Differenz der Körper voraussezt, die auf eine gewisse Zeit (nämlich bis zur allmählichen chemischen Indifferenzirung der beiden elektrischen Differenzen,) anhält, und weil diese Dauer durch die wechselseitige Durchdringung der Flüssigkeiten, d. h. eben durch die Ausgleichung ihrer Polarität, so sehr beschränkt ist. Unmöglich ist eine solche Kette nicht, im Gegentheil ist ihr Vorkommen wahrscheinlich, da Flüssigkeiten eben so gut ihr elektrisches Verhalten gegen einander haben, wie feste Körper, auch giebt Kastner *) eine solche Kette an aus concentrirtem, in Wasser aufgelösten Aetznatron, einer Lösung des salzsauren Natrons und Wasser, welche über einander geschichtet werden sollen. Man darf aber nicht übersehen, daß die Wirkung solcher Ketten desto eher aufhören wird, je mehr sich die Flüssigkeiten vermischen.

---

*) Dessen Einleitung in die neuere Chemie, Halle und Berlin, 1814. S. 104.

§. 65.

Nach dieser Ansicht stellt also eine gährende Flüssigkeit gerade so viele einfache kleine Ketten dar, als wirksame Zymomkügelchen darin enthalten sind. Diese vielen Ketten sind, da sie alle eine einzige flüssige Masse bilden, mit einander zu einer Gesammtkette verbunden, die mit dem von Davy*) errichteten Becherapparate verglichen werden kann, in welchem die Pole der Säule nicht durch einen Gasapparat vermittelt werden, sondern selbst wieder ein Glied der Kette bilden,

was zuletzt wieder auf das einfachste Element der Säule zurückkommt, nämlich **):

Die Wirkung ist hierbei in allen Kettengliedern

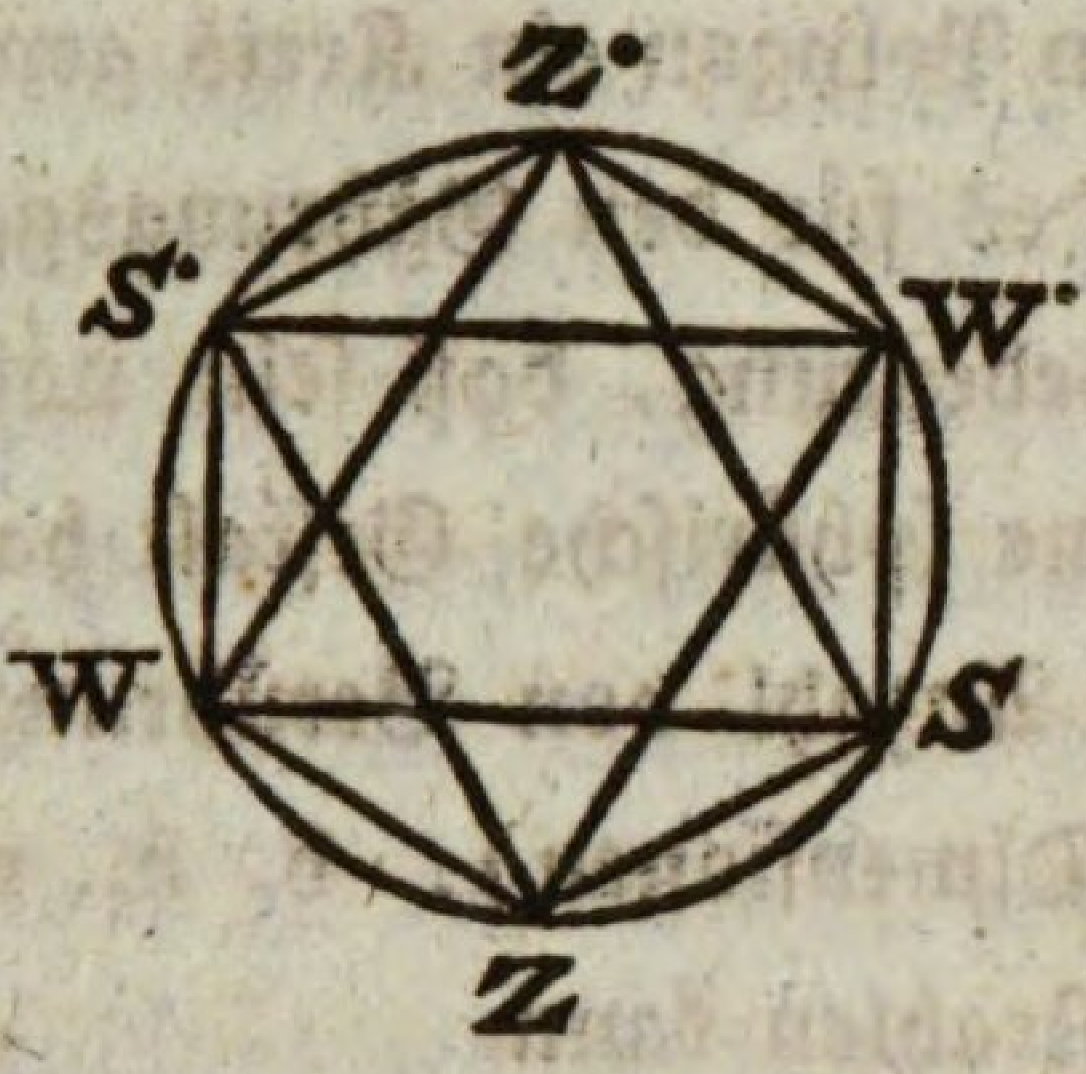
*) Gilbert's Annalen, VIII. S. 300.

**) Versuche, die eigentliche Grundkette der Voltaischen Säule auszumitteln, von Reinhold, in Gilbert's Annalen, X. S. 321.

auf das gleichmäßigste vertheilt, und diese Kette ist überhaupt das reinste Bild des Voltaischen Kettenapparats. Denn in ihr sind nicht einmal äußerlich mehr die beiden Pole der Säule, durch deren Verbindung man gewöhnlich die Schließung der Kette veranstaltet, zu erkennen, man kann sich diese beiden Pole überall und nirgends denken, sie sind allgegenwärtig. Deßhalb ist darin die größte Stätigkeit und Gleichfömigkeit der Wirkung, während bei der durch Draht geschlossenen Voltaischen Säule der Draht selbst wieder die Stelle eines Leiters vertritt, so daß also der Schluß durch fünf Leiter der ersten Classe bewerkstelligt ist, und nur ein wirklicher Kreis von Plattenpaaren mit ihren dazwischen liegenden feuchten Leitern einen gleich vollkommen geschlossenen Kettenapparat darstellt.

Die Gährung zeigt uns aber, daß es noch eine höhere Form des Galvanismus giebt, als die Säule oder den Kettenapparat, weil der Galvanismus nicht wie der Magnetismus, bloß auf die Linie beschränkt ist, sondern alle Dimensionen ihm zu Gebote stehen. In dem Kettenapparate nämlich findet nur eine wechselseitige Erregung zwischen denjenigen Punkten der Kette statt, die in der Linie liegen, dagegen in der Gährung (und allen Ketten, die eine Gesammtmasse bilden,) die Erregung nach allen Seiten geweckt ist. Das einfachste Durchschnitts-Schema der-

selben, aus zwei einfachen Ketten construirt, ist daher folgendes:



In ihm sieht man deutlich, wie aus den zwei einfachen Ketten eine Gesammtkette wird, die in allseitiger Wechselwirkung begriffen ist. Wir haben darin anstatt jener einfachen Ketten, die, wenn sie einzeln sind, nur 2 Dreiecke (nach Reinhold) bilden, nämlich S'Z'W' und S Z W, nach hergestellter Verbindung deren Multiplication = 6 Dreiecke von dieser Größe, die wiederum gleich sind den 2 (dreifach so großen) verschlungenen Dreiecken (S Z' W und S' Z W'.). Eine nothwendige Folge der Unterordnung der darin enthaltenen Kettenelemente unter den Organismus der Gesammtkette ist es, daß die dadurch gebildete geometrische Figur, obwohl sie aus lauter Dreiecken besteht, in der Art zu einem in sich geschlossenen Ganzen zusammenhängt, daß man in jedem Punkte die Linien (Verbindungen der Glieder) zu ziehen anfangen kann und doch wieder auf ihn zurückkommt, jeder Punkt also zugleich Anfang und Schluß für das Ganze ist. Die Wirkung der

Kette dauert so lang, bis alle Differenzen (Gegensätze), durch welche die Dreiecke entstehen, verschwunden sind, bis also aus dem Polygon ein Kreis geworden ist.

Sonach ist es für den Gährungsgalvanismus allerdings von Bedeutung, daß sein positiver Erreger, das Zymom, eine sphärische Gestalt hat, wodurch es mit der größten Anzahl von Berührungspunkten nach allen Seiten (Dimensionen), d. h. cubisch, seine Elektricität ausstrahlen kann.

Ganz vorzüglich wird die Action durch die Wärme befördert, welche man anfänglich der Flüssigkeit absichtlich giebt, und die sie dann in sich selbst erhält und verstärkt.

§. 66.

Es ist nun zweierlei nöthig, einmal auch durch das Experiment nachzuweisen, daß wirklich eine galvanische Thätigkeit bei der Gährung statt findet, und zweitens darzuthun, auf welche Weise sie im Stande ist, die Erzeugung der Gährungsprodukte zu veranlassen, da dieses leztere aus der bloßen Annahme der galvanischen Action keineswegs hervorgeht. Beides steht in innigem Zusammenhange.

Die Construction eines Gährungsapparats, der wie die Voltaische Säule nach der Linie wirke, also mit einem Gasapparat verbunden werden könne, hat ihre besondern Schwierigkeiten, auch hat es noch nicht gelingen wollen, durch Action der Voltaischen Säule

Gährung zu erregen. Viele Versuche hierüber hat von Grotthuß *) angestellt. Auf dickflüssigen Zuckersyrup wirkte eine starke Säule gar nicht. Aus gährungsfähigen Substanzen, z. B. aus Zuckerwasser, welches mit Hefen versezt war, soll sie Kohlensäure am + Pole und Kohlenwasserstoffgas am — Pol entwickelt haben. Da aber die Flüssigkeit Ferment enthielt, so ist zu vermuthen, daß sich etwas Alkohol und Kohlensäure gebildet hatte, wovon die leztere an den + Pol ging, der erstere aber in Wasser und Kohlenwasserstoffgas zerlegt wurde, was auch der Fall ist, wenn die galvanischen Pole in Alkohol selbst geleitet werden. „Ich habe viele Versuche angestellt, sagt von Grotthuß a. a. O., um durch die einfache galvanische Kette im Zuckersyrup Gährung zu veranlassen, aber alle meine Bemühungen waren vergeblich; selbst wenn ich nicht oxydirbare Ketten, z. B. schwarzes Manganoxyd und Gold oder Platina anwandte.“

§. 67.

Es ist sicher, daß man auf diesem Wege nicht zum Ziele gelangen kann, ja es würde selbst im günstigsten Falle, wenn man Ferment zu Hülfe nimmt, schwer zu entscheiden seyn, ob nicht die Wirkung aus den drei Stoffen selbst entspringe. Ein entscheidendes Resultat kann nur dadurch erzielt werden, daß man

---

*) Schweigger's Journal, a. R. XIII. S. 157 ff.

aus Ferment, Zucker und Wasser unmittelbar einen galvanischen Kettenapparat zu errichten sucht. Da indessen das Ferment in den Hefen aus lauter einzelnen Kügelchen besteht, die sich nicht leicht zu einer festen, als ein ungetheiltes Ganzes wirkenden Masse zur Construction einfacher Ketten verbinden lassen, zugleich aber auch die die einzelnen Kügelchen umgebende Feuchtigkeit den entstehenden Galvanismus sogleich wieder indifferenzirt, so hat auch dieß seine Schwierigkeiten. Ich suchte durch Gummi das Zymom zu einer zusammenhängenden Masse zu gestalten, jedoch vergebens.

Zu Folge der oben mitgetheilten mikroskopischen Untersuchungen kam ich auf den Gedanken, mich des Leims, der ganz von Zymom angefüllt ist, und den man (überhaupt als Gallerte) schon öfters als Surrogat der Hefen anzuwenden versuchte *), zu diesem

---

*) Siemens in seiner Beschreibung eines neuen Betriebs, die Kartoffeln zur weinichten Gährung vorzubereiten u. s. w. Pyrmont 1819, äußert sich darüber auf folgende Weise: „Ich darf es nicht wagen, über die Natur desjenigen Princips, was durch die Malzung des Getreides auf Kosten des Klebers sich erzeugt und dann so vorwaltend auf die weinichte Gährung zu wirken fähig wird, mich zu äußern, sondern theile nur die in dieser Hinsicht gemachten Erfahrungen mit. Nach unsäglichen Versuchen und Bemühungen, diesen Stoff mög-

Zwecke zu bedienen, obgleich wegen der Hitze, die das Zymom im Leime schon ausgestanden hat, auch im günstigsten Falle keine starke Wirkung zu erwarten war. Ich construirte einen Becherapparat, der aus der sechsfachen Kette von Leim, Zuckerwasser (einer Auflösung von Zuckersyrup,) und Wasser bestand. Die Paare der mit den warmen Flüssigkeiten (26 — 28° R.) angefüllten Gläser wurden abwechselnd mit Leimbogen *) und feuchten Flanellstreifen verbunden, die beiden Enden der Kette aber mit kurzen, spitzigen und blanken Messingdrähten versehen und in Wasser geleitet. Zu Erhöhung der galvanischen Thätigkeit wurde dem (frisch ausgekochten) Wasser etwas Salpetersäure zugemischt. Die Kette war also folgende:

---

lichst auf irgend eine Weise zu ersetzen, bin ich endlich unterrichtet, daß der thierische Leim oder die Gallerte, die ich der Analogie nach als Ergänzungsmittel des fraglichen Princips anzuwenden dachte, zwar als wirkliches Surrogat nicht zureichend ist, wohl aber als ein Hülfsmittel, wodurch ein Theil des nöthigen Zusatzes an gemalzter Frucht gespart werden kann." Ueber das Verhältniß des Zymoms zum Kleber ist aber oben schon das nöthige gesagt.

*) Man fertigt sie sich am besten selbst, indem man Leim mit wenig Wasser auflöst und ihn dann in Form von schmalen Streifen, auf Glas ausgießt. Nach einer halben Stunde kann man die Streifen abnehmen. Sie sind ganz biegsam, werden über ein Holz gespannt und getrocknet.

L L L L L L L
ZW ZW ZW ZW ZW ZW Z

L zur Linken stellte also, da das Zymom der positiv elektrische Körper ist, den Zinkpol, Z zur Rechten aber den Silberpol vor. Die Kette wurde mit der möglichsten Schnelligkeit zu Stande gebracht.

Es fand nicht sogleich Gasentbindung statt, aber nach und nach schwärzte sich der Draht des — Pols, darauf begann an demselben ein lebhaftes Gasströmen. Die Bläschen waren ganz klein, wie zerstiebt. Diese Erscheinung hatte etwa schon drei Minuten lang gedauert, ohne daß das geringste Bläschen am + Pol entstanden war. Endlich fing auch der Draht dieses Pols an, Gasblasen zu entwickeln, die aber merklich größer und in viel geringerer Zahl waren, sich auch langsamer entbanden; denn sie strömten nicht mit Lebhaftigkeit in die Höhe, sondern lösten sich nur nach und nach einzeln vom Drahte ab. Die Auflösung der Leimbogen machte die Unterbrechung des Experiments nothwendig.

Bei diesen Erscheinungen ist also nicht im geringsten an der galvanischen Wirksamkeit dieser Kette zu zweifeln. Auch wurde das Experiment vielmals wiederholt und jedesmal zeigten sich galvanische Wirkungen. In einigen Fällen bemerkte ich deutlich, daß sich besonders gegen das Ende auch am + Pole ein Oxyd ansezte, von einer gelblich-

grü-

grünen Farbe. Etwas Salpetersäure in die mit Wasser gefüllten Becher gegossen, erhöhte die Thätigkeit nicht. Von Zufälligkeiten kann bei diesen Beobachtungen, die leicht zu wiederholen sind, keine Rede seyn, da ich öfters ganz neue Dråhte und neue Leimbogen nahm, da permanent gerade an dem Minuspole die lebhafte Gasströmung erfolgte und überhaupt unveränderlich die nämlichen galvanischen Wirkungen sich zeigten, wenn auch manchmal (besonders wenn die Leimbogen schon öfters gebraucht waren) in geringerem Grade.

Es ist wohl nicht befremdend, daß die galvanischen Wirkungen der angegebenen Kette keine lange Dauer haben, da die Leimbogen gar bald ihre Festigkeit verlieren und in der Flüssigkeit zergehen, diese leztere auch bald erkaltet. Auch darf man überhaupt von Ketten, die durch organische Körper construirt werden, in der Regel keine heftigen Erscheinungen erwarten. Hieraus erklärt es sich, warum nicht unmittelbar nach dem Schluß der Kette sich ihre Wirkung zeigt. Erst nach und nach wird so viel Elektricität entwickelt, als zur Zersetzung des Wassers erforderlich ist, und geringe Kraft der Elektricität hat hier denselben Erfolg, als eine größere Kraft, die aber aus größeren Entfernungen gegen einander wirkt. *) Zur Erleichterung des

*) Huth's und Basse's galvanische Versuche in Gilbert's Annalen, X. S. 43. und XIV. S. 26.

Gelingens der Versuche gehört es deshalb, daß man zum Gasapparat nur sehr wenig Wasser nehme (ein kleines Uhrglas ist dazu sehr zweckmäßig), auch daß die Drähte sehr blank und dünn sind. Die Elektricität der Pole ist indessen dennoch so schwach, daß sie ohne Zusatz von Salpetersäure keine Gasentwicklung hervorbringt, und dieser Zusatz erklärt auch die dabei stattgehabten Phänomene. Die Säure verstärkt bekanntlich die Kraft des Pluspols, es bildet sich also früher Oxyd, ehe sich Wasserstoffgas entwickelt, das Oxyd (Kupferoxyd) geht aber an den Minuspol und schwärzt sich daselbst durch theilweise Reduction. Da dieß nur vermöge des Wasserstoffs geschehen kann, so findet die Schwärzung auch eher statt, als die Gasentbindung. So lange die Elektricität der Kette stärker ist, als die Kraft der Säure, kann sich kein Gas am Pluspol entwickeln, so wie sie aber vermindert wird, bekommt die Säure relativ das Uebergewicht, und bei diesem Kampfe beginnt die Gaserzeugung auch an diesem Pole, aber nicht in gleicher Stärke.

§. 68.

Ich versuchte nun auch, um jeden Einwand zu beseitigen, eine Kette von möglichst trocknen Hefen, Zuckerwasser und Wasser unmittelbar herzustellen. Sie enthielt eben so viele Glieder, als die obige. Die Hefen wurden in die Gläser fest eingedrückt, und zwar so, daß sie eine senkrechte Schicht bildeten, die

das Glas senkrecht in zwei Theile theilte, wovon die andere Hälfte mit Zuckerwasser angefüllt wurde. Die Verbindung der Gläser unter sich geschah mit nassen Flanellstreifen, die da, wo sie die Verbindung mit den Hefen herstellen sollten, mit Hefen bedeckt waren. Um ein möglichst sicheres Resultat zu erhalten, wurde das ausgekochte Wasser des Gasapparats gerade nur mit so viel Salpetersäure versezt, daß keine Entbindung von Wasserstoffgas statt fand, wenn man einen Messingdraht hineinbrachte. Die Temperatur der Flüssigkeiten war 29° R. Am besten ist es, man richtet den ganzen Apparat so vor, daß man zulezt nur die Flüssigkeiten einzugießen braucht.

Auch diese Kette zeigte ganz deutlich galvanische Erscheinungen. Zuerst schwärzte sich der Draht des Minuspols und entwickelte darauf einen Strom von Gasblasen, jedoch nicht mit gleicher Heftigkeit, als in der mit Leim construirten Kette. Der Draht des Pluspols zeigte darauf gelbliches Oxyd, ohne jedoch Bläschen zu entwickeln. Die ganze Erscheinung war die nämliche, wie in dem mit Leimbogen construirten Apparate, nur mit geringerer Kraft. Das Zuckerwasser gohr aber schon fast unmittelbar nach dem Eingießen so äußerst heftig, daß die Gläser bald überflossen. Ich nahm also den Apparat, nachdem ich die Erscheinung längere Zeit beobachtet und mich ihrer versichert hatte, wieder auseinander. Als ich nun die Drähte für sich

wieder in das salpetersaure Wasser brachte, entwickelte sich kein einziges Gasbläschen, ein deutlicher Beweis des zuvor statt gefundenen galvanischen Prozesses. Ich wiederholte auch diesen Versuch mehrere Male und mit gleichem Erfolge.

§. 69.

Ueber die galvanische Thätigkeit bei der Gährung ist sonach kein Zweifel mehr. Jedes Zymomkügelchen mit seiner Zucker=Wasser=Atmosphäre entwickelt aber nur eine geringe galvanische Kraft *), und so sind wohl die momentanen Wirkungen bei der Gährung schwächer, als bei den kräftigen Batterien mit zwei metallischen Leitern, aber desto anhaltender. Die Summe vieler kleinen Kräfte giebt hier ein Resultat, das gegen die concentrirte Kraft einer Voltaischen Säule wenig zurücksteht.

*) Döbereiner führt als einen der Gründe, der ihn veranlaßt habe, seine Meinung, daß die Gährung ein galvanischer Prozeß sey, aufzugeben, den auf, daß es noch nicht dahin gebracht wurde, bei der Gährung großer Massen zuckeriger Flüssigkeit ein Zeichen elektrischer Thätigkeit wahrzunehmen. Schweigger macht mit Recht darauf folgende Erwiederung: „Dieß rührt wohl daher, weil es noch nicht gelang, die zur Gährung erforderlichen heterogenen Stoffe zu einer Voltaischen Batterie zu verbinden. Es ist dabei bloß von einer Menge kleiner, uuter sich geschlossener, elektrischer Ketten die Rede. Selbst wenn man Pulver von Zink und Kupfer vermengen und mit Wasser über-

Der Vorgang im Einzelnen bei der Gährung ist nun dieser. Zucker und Zymom haben ein entgegengesezt elektrisches Verhalten gegen einander, das auf der Neigung des Zymom's, sich mit Sauerstoff zu verbinden, und umgekehrt, auf der Neigung des Zuckers zum Wasserstoff, beruht. Kommen beide zusammen, so gleicht sich in der Verbindung die elektrische Differenz aus, ohne daß das wechselseitige chemische Bedürfniß befriedigt ist. Bei zwei Platten heterogener Metalle stellt sich dieß als Contacts-Elektricität dar. Nun kommt das Wasser hinzu. Indem es sich mit dem Zucker mischt, hebt es dessen Verbindung mit dem Zymom, mit dem es sich selbst nicht vereinigt, auf, und erregt nun den ursprünglichen Gegensatz. Zugleich aber enthält es in sich die Möglichkeit zum chemischen Prozesse, und nun befriedigen Zymom und Zucker auf Kosten des Wassers, das sich (galvanisch) zersezt, ihr chemisches Bedürfniß.

---

gießen wollte, so würde dabei es doch sehr schwer seyn, auch nur eine Spur von Elektricität nachzuweisen; und wenn etwa die Magnetnadel beim Eintauchen der Enddrähte des elektromagnetischen Multiplicators in eine solche vermengte Masse einen Ausschlag giebt, so ist dieses lediglich als zufällig zu betrachten, weil auf solche Art wirklich nichts über die in der vermengten Masse wirksame Elektricität entschieden werden kann." Dessen Journal, n. R. XI. S. 469.

Hierbei möchte es auffallend seyn, daß das Zymom, wie aus Gay-Lüssac's Versuchen erhellt, nicht in seinem unoxydirten Zustande, wie es ursprünglich in den süßen Säften enthalten ist, wirkt, sondern nur auf einer bestimmten Stufe der Oxydation. Eine sehr nahe liegende Analogie gewähren uns die Metalle, die gleichfalls nur auf einer bestimmten Stufe der Oxydation sich mit den Säuren verbinden. Der Grund liegt in dem elektrochemischen Verhalten dieser Körper. Das Zymom ist in den süßen Säften noch kein Ferment, es wirkt noch wohlthätig in ihnen, die Vegetation hält die Stoffe in befreundeter Wechselwirkung. Erst nach der Zerstörung des Organismus äußert sich der Egoismus der einzelnen Factoren.

§. 70.

Die Untersuchung, wohin, da das Zymom bei diesem Prozesse oxydirt wird, der Wasserstoff des zerlegten Wassers komme, führt uns auf die zweite oben im §. 66. aufgestellte Frage: Auf welche Weise durch diesen, wenn auch zugegebenen Galvanismus die bekannten Gährungsprodukte erzeugt werden können. Offenbar sind sie erst das Resultat der galvanischen Action und durch die Qualität der zuckerigen Materie bedingt. Wir müssen deßhalb auf den qualitativen Zustand der Bestandtheile des Zuckers einen Blick werfen.

Es wurde schon oben von der Tendenz der Theile nischer Körper zur Zersetzung nach der Zerstörung

ihres Lebensbandes gesprochen. Diese Zersetzung besteht darin, daß die Factoren nun ihre eigene Polarität geltend zu machen suchen, die zuvor einem höheren Gesetze untergeordnet war. Der mächtigste darunter wird über die Richtung, welche die Zersetzung nehmen wird, den Ausschlag geben. Nun besteht der Zucker nach Berzelius's neuster, sehr genauer Analyse*) aus

41,26 Kohlenstoff,
6,97 Wasserstoff,
51,77 Sauerstoff.

Aus seinem elektrischen Verhalten ist schon bekannt, daß er negativ polarisch ist, der Sauerstoff also in ihm die Oberhand hat. Seine Richtung wird also nach dem positiven Pole hingehen, und in dieser wechselseitigen Verwandtschaft zwischen Zucker und Zymom ist überhaupt der Grund der Vereinigung beider zu

---

*) Obige Verhältnißzahlen sind diejenigen des Candiszuckers. Mit ihnen stimmt die Durchschnittszahl der Untersuchungen Thenard's, Gay-Lüssac's Berzelius's (einer früheren Analyse,) und Prout's, nämlich 41,721 Kohlenstoff, 6,817 Wasserstoff und 51,455 Sauerstoff, sehr genau. Für den Rohrzucker fand Berzelius folgende Verhältnißzahlen: 39,58 Kohlenstoff, 7,34 Wasserstoff und 53,08 Sauerstoff, bemerkte aber selbst, daß sich der Unterschied aus dem Wassergehalt erkläre, den der Rohrzucker noch gehabt habe. Schweigger's Journal, XXIX. S. 497.

Hefensyrup zu suchen. Der Sauerstoff des Zuckers sucht hier nach außen seine Befriedigung. Das Zymom wird aber durch die galvanische Thätigkeit in der Gährung oxydirt und dadurch für den Zucker unwirksam, eben so wie der oxydirte Zink für das Silber in der Voltaischen Säule.

Nehmen wir darauf Rücksicht, in welchem Zustande sich der Zucker zu dieser Zeit befindet, so finden wir, daß durch die Gährungswärme und seine galvanische Thätigkeit seine Negativität höchst aufgeregt ist, so daß er nun in sich selbst die Befriedigung sucht, die er von außen nicht erhalten konnte. Das erste Erforderniß dazu würde seyn, daß für seinen Sauerstoff die Möglichkeit vorhanden wäre, sich mit dem Kohlenstoff in dem bestimmten stöchiometrischen Verhältnisse zu Kohlensäure zu vereinigen. Der Rest der Bestandtheile giebt dieß aber nicht eher zu, bis auch für ihn die Möglichkeit gegeben ist, eine neue Individualität zu erlangen. Dieß geschieht dadurch, wie sich auch aus stöchiometrischer Berechnung ergiebt, daß er den Wasserstoff des zersezten Wassers an sich nimmt und nun jener Kohlensäure gegenüber Alkohol bildet.

§. 71.

Wie aber bei der galvanischen Batterie die befreiten Elektricitäten sich als isolirte Kräfte äußern und dadurch die bekannten polarisch zersetzenden Wirkungen auf zusammengesezte Körper ausüben, so sind sie auch

bei dem Gährungsgalvanismus thätig und bringen das im Zucker prädisponirte Zerfallen in zwei entgegengesezte Körper, vollends zur Entscheidung und Erscheinung.

Es ist sonach allerdings nicht zufällig, was Schweigger a. a. O. zu Begründung seiner Parallele aussprach *), daß in den Produkten der Gährung gerade ein Oxyd, nämlich die Kohlensäure, und ein Hydroid, der Alkohol, also ein polarer Gegensatz, hervortritt. Jede kleine Kette aus Zymom, Zucker und Wasser bildet diese Produkte, und so geht durch das Ganze das rege Gesammtleben eines ganzen Systems galvanischer Kräfte.

§. 72.

Die Erhöhung der Temperatur während der Gährung kann nun nicht mehr auffallend seyn. Ihre Entstehung wird durch zweierlei veranlaßt,

---

*) Schon Winterl betrachtete die aus der Weingährung hervorgehenden Produkte als polarisch entgegengesezte Körper. Er sagt: (s. dessen System der dualistischen Chemie, dargestellt von J. Schuster, Berlin, 1807, II. S. 30.) „Das positive Produkt der Weingährung ist Luftsäure, und der Alkohol nur das negative.“ Das Zerfallen der Körper in ihre Factoren muß überhaupt aus diesem Gesichtspunkte betrachtet werden. Einen und Entzweien sind Wörter von wahrhaft philosophischer Bedeutung.

1) durch den Galvanismus selbst,

2) unabhängig von der galvanischen Thätigkeit, durch die Vermischung des entstandenen absoluten Alkohols mit dem Wasser.

Daß der Alkohol bei der Gährung als absoluter entsteht, wie wir ihn chemisch noch gar nicht dargestellt haben, ist keine Frage. Bei seiner Verbindung mit dem vorhandenen Wasser verdichtet er sich. Nach Brisson *) nimmt eine Mischung von 17 Cubikzollen Alkohol mit 17 Cubikzollen Wasser nur 33 Cubikzoll Raum ein. Die Folge dieser Verdichtung ist aber bekanntlich nothwendig Wärmeentwicklung, die sich der ganzen gährenden Flüssigkeit mittheilt.

§. 73.

Die Black'sche Wärmetheorie kann man für eine Symbolik **) der elektrischen ansehen, und in dieser Beziehung hat sie vielen Sinn. Sie verkörpert das Geistige für die Anschauung. Die Naturwissenschaft ist indessen jezt so weit gekommen, daß sie dieser Sym-

---

*) Hildebrandt's Encyklopädie der Chemie, VI. S. 1326.

**) Ist gewissermaßen nicht auch unsere gegenwärtige Sprache in der Chemie (der phlogistischen gar nicht zu gedenken,) noch eine symbolische, da wir gewöhnlich wohl von den Wirkungen und Verwandtschaften der Stoffe reden, ohne indessen dabei dessen zu gedenken, was ihnen die Verwandtschaft giebt.

bolik nicht mehr bedarf. Wir sehen deutlich, daß aus der Vereinigung beider Pole der Säule, d. h. beider Elektricitäten, nach den Umständen mehr oder weniger Wärme entsteht. Bei einem von Oersted *) deßhalb angestellten Versuch, wobei die Schließung durch Wasser geschah, befand sich das Wasser in einer offenen, in weißes Wachs eingegrabenen Rinne, ungefähr 3 Zoll lang und 3 Linien breit, nur da etwas erweitert, wo die Thermometerkugeln eingesenkt wurden. Die Temperatur der Luft war 8° R. Sobald die Kette geschlossen wurde, fiengen die Thermometerkugeln an zu steigen, und nach einigen Minuten stand das auf der Oxygenseite befindliche Thermometer auf 16,4° R., das auf der Hydrogenseite auf 14,5° R., eines in der Mitte aber auf 18,4° R.

Wird die Vereinigung der Elektricitäten durch metallische Leiter bewerkstelligt, so ist die Wärmeerscheinung noch weit bedeutender. An stark wirkenden Säulen wird ein Draht, wenn man die Kette mit ihm schließt, nach den Umständen heiß, weißglühend, ja zum schmelzen gebracht.

Oersted hat a. a. O. als Maßstab dieser Verschiedenheit das Gesetz deducirt, daß ein Körper desto wärmer wird, eine je größere Elektricitätsmenge er

---

*) Schweigger's Journal, a. R. V. S. 407.

gegen den Zustand seiner freien Leitung zu leiten gezwungen wird.

Daß also der Galvanismus und aus diesem Grunde auch die Gährung wärmeerzeugend sind *), ist hierdurch nachgewiesen. Es gehört in eine Theorie der Wärme, die Gründe dieser Erscheinung, dann die Gesetze, unter welchen durch Vereinigung der Elektricitäten Wärme entsteht, sowie ihren Zusammenhang mit den Erscheinungen des Lichts näher zu erörtern.

§. 74.

Was bei den oben beschriebenen, mit einer Kette von Leim, Zucker und Wasser angestellten Versuchen hinsichtlich der Zeit, welche die Elektricität zu ihrer Entwicklung braucht, im Kleinen statt fand, findet auch in großen, zur Gährung vorbereiteten Massen statt, die Wirkung zeigt sich erst nach und nach. Denn die Entstehung der Kohlensäure und des Alkohols ist nur eine Folge der galvanischen Thätigkeit, so daß die leztere also wirklich früher eintritt, als die Zersetzung beginnt. Hieraus ergiebt sich ein gewisser Culminationspunkt, der von der Quantität und Qualität der

---

*) Selbst trockne Sackhefen entwickeln schon für sich Wärme. Als ich eine Quantität davon, die an der Luft gestanden hatte, in ein Trinkglas brachte, so daß es etwa halb damit angefüllt war, stieg der Thermometer, der zuvor 11 ½ Grad R. hatte, auf 23 Grade.

angewandten Stoffe und der Beschaffenheit der von außen einwirkenden Umstände abhängt. Je mehr die galvanische Wirkung überhand nimmt, desto mehr steigt auch die Wärme; sie vergrößert die Energie der sich befreienden Factoren und dadurch die Zersetzung selbst. So erfolgt eine Progression des chemischen Prozesses, und wie diese Erscheinungen gemeinschaftlich entstanden, so erlöschen sie auch gemeinschaftlich wieder, wenn das Zymom durch die Oxydation allmählich unwirksam und die Quantität des Zuckers durch die Zersetzung vermindert wird.

Streng genommen ist also der Galvanismus nur die Einleitung zu den Erscheinungen der Gährung, und die Erzeugung der Gährungsprodukte selbst nur die Folge des vollendeten galvanischen Actes. Es läßt sich also allerdings erwarten, daß man den Zucker auch ohne Gährung noch werde in Alkohol verwandeln lernen. Aber eben weil Ursache und Wirkung, Erregung der Elektricität und Verwendung derselben, Abgeschlossenheit und Vollständigkeit des Prozesses, Stätigkeit seines Fortschreitens, also die Verwendung aller Kräfte und Stoffe auf eine so vollkommne Art in der Gährung zu einem Ganzen vereinigt sind, rechtfertigt es sich, daß wir sie oben auf die höchste Stufe des analytischen chemischen Prozesses gestellt haben, dessen Ideal die galvanische Wasserzersetzung ist.

§. 75.

Schweigger hat mehrere scharfsinnige Bemerkungen über die Möglichkeit und Art der Auffindung galvanischer Gährungsketten in seinem Journale *) mitgetheilt. Er ist der Meinung, daß, wenn es auch gar nicht zu erwarten sey, daß der Strom einer Voltaischen Säule auf die Gährung Einfluß habe und eine ähnliche Wirkung hervorbringe, als die Gährungsketten selbst, es doch nothwendig gelingen müsse, mittelbar durch Hülfe einer Voltaischen Säule Gährung zu erregen. Er sagt: „Wollen wir mit Gay-Lüssac (§. 34.) Trauben in oxygenloser Luft zerdrücken. Auf welche Art wir Oxygen oder Kohlensäure hinzubringen, immer wird die Gährung beginnen. Offenbar also auch, wenn wir die Platinapolardrähte einer kleinen Voltaischen Säule unter die mit Stickgas oder Wasserstoffgas gefüllte Glocke in den Traubensaft leiten, wodurch am positiven Pole Oxygenentbindung und Oxydation des Kohlenstoffs in der Pflanze erfolgt. — In diesem Sinne aber würden kleine Platinadrähte (nach Ritter's Weise geladen,) **) oder thermoxydirtes und gemeines (oder hydrogenirtes) Kohlenpulver aus gut ausgeglühten Kohlen (die nach Vogel sehr leicht Oxygen ein-

*) N. R. XI. S. 473.

**) S. die Anmerkung zur ersten Abhandlung auf Seite 58.

schlucken,) bereitet, von deren elektrisch leitender Kraft man vorher sich recht bestimmt versichert haben müßte, als Gährung erregende Mittel wirken, d. h. als Ferment."

Ich habe oben (§. 40.) gezeigt, daß in dem Gay-Lüssac'schen Experimente eine Oxydation des Zymoms statt findet, und daß dasselbe dadurch erst zu einem wirksamen Zymom werde. Die Voltaische Säule thut also hierbei nichts, als daß sie aus dem Wasser Sauerstoffgas entwickelt und dem Zymom darbietet, als dasselbe, was durch das Sauerstoffgas der atmosphärischen Luft auch geschieht *). Die Function des Ferments geht nun erst an. Auch die Kohle würde in diesem Falle nicht als Ferment dienen, wenn sie auch Gährung hervorbrächte. Ueberhaupt kann es galvanische Ketten von Zucker, Wasser und einem dritten Stoffe geben, ohne daß sie Gährungsketten sind. Denn das Phänomen der Zersetzung des Zuckers, worin doch das Wesentliche dessen liegt, was

*) Auch hat Gay-Lüssac wirklich das Experiment schon angestellt. Er sagt nach der Mittheilung seiner oft erwähnten Versuche: „Man konnte dem Vorhergehenden gemäß wohl erwarten, daß man Gährung in dem außer Berührung der Luft gehaltenen Traubenmoste erregen werde, wenn man die Polardrähte einer elektrischen Säule in denselben eintaucht. Dieß war in der That der Fall." Schweigger's Journal, a. R. II. S. 204.

wir unter Gährung verstehen, ist, wie ich eben erst nachgewiesen habe, nur eine Folge des galvanischen Actes, also zu dem bloßen Daseyn des lezteren gar nicht wesentlich. Die Zersetzung, also die Erzeugung des Alkohols, tritt nur dann ein, wenn zwischen Zucker und dem andern Stoffe derjenige volle polarische Gegensatz vorhanden ist, dessen Existenz ich oben (§. 55.) nachgewiesen habe. Der Unterschied zwischen dem Gährungsgalvanismus und dem Galvanismus der Voltaischen Metallsäule liegt darin, daß bei lezterer bloß eine Oxydation (des Zinks) statt findet, der Wasserstoff aber als Gas entbunden wird; in dem Gährungsgalvanismus dagegen tritt außer der Oxydation (des Zymoms,) auch eine Hydrogenation (des Zuckers,) ein. Es ist also möglich, daß man eine sogenannte Gährungskette auffinde, in welcher der Wasserstoff, wie in der Voltaischen Säule, als Gas entbunden wird, und eine solche wird wohl galvanische Erscheinungen, aber keine Gährung hervorbringen.

Aus diesem Grunde konnte auch keine Gährung entstehen, als Döbereiner *) Platinstaub, Zinkstaub und Zuckerauflösung mit einander in Berührung brachte. Der Zink oxydirt sich in diesem Falle, der Zucker aber bleibt dabei indifferent, da eben erst das Zymom

*) Schweigger's Journal, n. R. XI. S. 459.

Zymom ihn zu der unumgänglich nothwendigen elektrischen Aufregung veranlaßt. Wir erkennen in diesem Zusammenhange noch deutlicher, warum nur solche Körper mit Zucker eine wirksame Gährungskette geben können, welche ein gleiches elektrisches Verhältniß zu ihm zeigen, wie das Zymom bei dem Zusammenreiben mit ihm. Und nur solche Körper können das Zymom ersetzen. *) Ohne alles Ferment aber wird es nur dann gelingen, Zucker in Alkohol und Kohlensäure zu verwandeln, wenn man das Experiment gelöst haben wird, eine hydrogenirende **) elektrische Säule der bisherigen oxygenirenden gegenüber zu construiren, und zwar eine solche, in welcher der Zucker die Stelle des Zinks in der oxygenirenden Kette vertritt.

§. 76.

Eine Frage, welche bei der Untersuchung über die Natur der Gährung nicht übergangen werden darf, ist die, ob durch die Gegenwart einer Säure

---

*) In dieser Beziehung ist Oersted's Kieselhonig sehr merkwürdig. Zucker auf Kieselgelee gestreut, deliquescirt nämlich schnell und bildet damit einen ganz durchsichtigen, farbenlosen Honig. Schweigger's Journal, a. R. V. S. 287. Man muß die Verbindung unter dem Mikroskop betrachten, um darüber zu urtheilen.

**) Zum Verständniß dieser Aeußerung ist es nothwendig, dasjenige zu vergleichen, was ich in der ersten Abhandlung über hydrogenirende Säulen gesagt habe.

die Gährung befördert wird. Schweigger benuzte die darüber bekannt gewordenen Erfahrungen zur Begründung seiner Parallele der Gährung und des Galvanismus (§. 23.) und führt an, daß in der Voltaischen Säule eine desto geringere Elektricität erzeugt werde, je reiner (und luftleerer) das Wasser sey, welches man anwende, daß aber der Zusatz von Säuren, als dem positiven Pole günstig, die galvanische Wirkung auffallend befördere. Das gleiche scheine sich in der Gährung zu ereignen, nur daß die vegetabilischen Säuren die Stelle der mineralischen in der Voltaischen Säule dabei ersezten.

Hauptsächlich war es Bouillon la Grange, (außerdem Fabroni, Henry u. a.) der zur Unterstützung seiner früherhin aufgestellten, dann aber zurückgenommenen Ansicht, daß der Gährungsstoff eine Säure sey, die Wirkung der Säuren auf die Gährung untersuchte. Er wollte sogar gefunden haben *), daß ein Most, dem aller Weinstein genommen ist, gar nicht gährt, daß man ihm aber den Zustand der Gährung wiedergeben könne, wennn man ihm diesen Bestandtheil zurückstellt. Diesem Phänomen, abgesehen von seiner Verificirung, muß aber hinsichtlich der daraus zu ziehenden Folgerung auf das bestimmteste wider-

---

*) Abhandlung über den Weinbau, von Chaptal, u. s. w. II. S. 90.

sprochen werden, denn es ist eine noch weit ausgemachtere Thatsache, daß Zucker auch ohne alle Säure sehr leicht in Gährung kommt. Die Versuche, welche ich selbst angestellt habe, gestatten hierüber keinen Zweifel. Ich versezte zuckerige Flüssigkeiten nicht nur vor dem Zusatz der Hefen, sondern auch in der stärksten Periode ihrer Gährung mit einer beträchtlichen Menge Kali, ohne daß die Gährung ausgeblieben oder auch nur gemindert worden wäre. Die Flüssigkeiten reagirten in allen Perioden und auch nach der Gährung alkalisch, so daß wohl also mit Sicherheit angenommen werden kann, daß jede Wirkung der Säure hierbei ausgeschlossen war. Zudem ist bekannt, daß im Gegentheil gerade solche Stoffe, welche die Säuren neutralisiren und sonach ihre Wirkung aufheben, die Kraft der Gährungsmittel beleben und erhöhen. Man darf nur die Zusammensetzungen der künstlichen Hefen durchgehen, um sich zu überzeugen, wie anerkannt die Wirkung der Alkalien hierbei ist. Auch ist man von der Ansicht, daß die Gegenwart einer Säure zur Gährung unumgänglich nothwendig sey, längst zurückgekommen. *).

§. 77.

Etwas anderes ist es aber um die Frage, ob die Säuren die Gährung befördern können. Zwar ge-

*) Thomson's System u. s. w. V. S. 775.

ben gerade diejenigen Weine, welche die größte Menge Säure enthalten, bei ihrer Destillation die schlechteste Qualität Branntwein, und es scheint sogar, sagt Chaptal *), daß man um so weniger Alkohol erhält, je beträchtlicher die Menge der Säure ist. Der Erfahrungssatz: Je weniger Säure, desto mehr Zucker, und je mehr Zucker, desto mehr Alkohol, ist in den Weinländern allgemein angenommen. Indessen bestätigt es auch Fabroni, daß in mehreren Fällen allerdings der Weinstein eine günstige Wirkung bei der Gährung äußert, und man will die Erfahrung gemacht haben, daß eine ohne Weinstein eingeleitete und schon erloschene Gährung wieder beginne, sobald Weinstein zugesezt wird. Mir scheint die günstige Wirkung des Weinsteins in diesem Falle nicht sowohl der Gährungskette unmittelbar zu Statten zu kommen, als vielmehr andern Stoffen, die außerdem entweder der Gährung hinderlich oder derselben unfähig sind. Das Leztere findet offenbar in dem Falle statt, den Fabroni **) in dieser Beziehung aufführt. Er überzeugte sich, daß der glutinöse Bestandtheil des Käses Gährung hervorbringen könne, wenn eine höhere Temperatur und Weinstein dabei zu Hülfe genommen werden. Der Käsestoff besteht aber nach den oben an=

*) Abhandlung über den Weinbau, II. S. 201.

**) Klaproth und Wolff's Wörterbuch, II. S. 352.

geführten Untersuchungen aus Zymom und einem einhüllenden Stoffe, der dem Gliadin ähnlich ist, und so läßt sich schließen, daß die Säure des Weinsteins das Zymom des Käsestoffs von seinem Begleiter befreie und auf ähnliche Art in einen wirksamen Zustand versetze, als das Zymom des Klebers durch die Gährung von dem Gliadin befreit und wirksam gemacht wird. *)

Zu dem Schlusse, daß die Säure in der Gährung nicht unmittelbar die Action des Zymoms erhöhe, sondern nur die Hindernisse, welche seiner Wirksamkeit entgegen stehen, aus dem Wege räume, also indirect wirke, bestimmen mich mehrere Umstände, obgleich die Combination Schweigger's im allgemeinen sehr gut zu den Resultaten der gegenwärtigen Abhandlung zu stimmen und sogar sie zu bestärken scheint. Die Gährung beginnt, wie der Galvanismus der gewöhnlichen Voltaischen Säule mit der Oxydation, und so stellt sich für den ersten Anblick die Folgerung als consequent dar, daß dasjenige, was diesen Prozeß in dem besondern Falle der Metallkette befördert, allgemein der galvanischen Action günstig seyn müsse.

Die Umstände, welche ein anderes mich schließen lassen, sind folgende:

1) Die Gährung ist, wie ich oben gezeigt habe, ein

---

*) S. auch oben den §. 5., der eine Bestätigung dieser Ansicht enthält.

von dem Galvanismus der Voltaischen Metallsäule verschiedener galvanischer Act, weil auch Hydrogenation dabei stattfindet *) und die Zersetzung des Zuckers nur das Resultat des galvanischen Actes ist, die eigentliche Gährung also erst da anfängt, wo der Prozeß der Voltaischen Säule schon beendigt ist. Sonach werden im Gegentheil solche Stoffe der Zersetzung des Zuckers (nicht dem Galvanismus der Gährung,) günstig seyn, welche die Hydrogenation befördern. Was ich kurz zuvor über die Wirkung der Alkalien bei der Gährung gesagt habe, liefert eine Bestätigung. Ihre günstige Wirkung ist auch von der Praxis anerkannt.

2) Die Gährung, d. h. die Zersetzung des Zuckers, geht nicht von Statten, wenn nicht der volle elektrische Gegensatz zwischen Zucker und Zymom vorhanden ist. Findet auf irgend eine Weise das Zymom einen näheren Gegensatz als den Zucker, so tritt keine Zersetzung des lezteren ein, obgleich

---

*) Noch Niemand hat dabei eine Entbindung von Wasserstoffgas bemerkt. Auch Schweigger, der doch so bestimmt als Vertheidiger des Galvanismus der Gährung auftrat, hat die Frage, wohin dasselbe verwendet wird, unberücksichtigt gelassen, obgleich dieß einen bedeutenden Unterschied von dem Prozesse der Voltaischen Säule begründet.

galvanische Wirkung statt finden kann. Dieß scheint durch Säuren mehr oder minder (nach ihrer Art und Beschaffenheit.) zu geschehen. Es ist sonach von Bedeutung, daß nach Döbereiner wenige Tropfen (concentrirter) Essigsäure, Ameisensäure oder in Wasser gelöster Oxalsäure mit Ferment vermischt, diesem die Eigenschaft nehmen, eine Zuckerauflösung in Gährung überzuführen, ferner, daß selbst Kochsalz die Gährung unterbricht, wenn man auch nur eine geringe Menge desselben zu einer mit Ferment in Berührung stehenden und lebhaft gährenden Zuckerauflösung sezt.

3) Das Verhältniß zwischen Zymom und Zucker ist ein anderes, als das zwischen zwei heterogenen Metallen, denn die beiden ersteren sind vollkommne *) Erreger, d. h. solche, die auch schon für sich (ohne Luft und Reizmittel der galvanischen Thätigkeit,) eine wirksame Kette constituiren, leztere aber nicht. Zusammenhängend damit ist

4) daß der Zusatz vegetabilischer Säuren zur Gährung so sehr wenig wirkt, im Verhältniß zu der großen Wirkung, welche der Zusatz oxygenirender Säuren in der Voltaischen Metall-

*) Abhandlung über die Theorie des Galvanismus.

säule zur Folge hat. Dieß ist nicht nur für sich schon bekannt, sondern wird auch dadurch bestätigt, daß man nirgends in Brennereien fabrikmäßig Säuren den Meischen zusezt. Man würde es allgemein thun, wenn auch nur in etwas ein reeller Vortheil dadurch erlangt würde. Siemens *) hat im Gegentheil den Zusatz von Aetzkali am wirksamsten gefunden.

3) Die Behauptung Dubrunfaut's, welche alle Praktiker im französischen Flandern theilen sollen, daß hartes Wasser (Brunnenwasser) zur Gährung viel vortheilhafter sey, als weiches (Flußwasser,) und daß man bei der Anwendung des

---

*) Beschreibung eines neuen Betriebs, die Kartoffeln Behufs des Branntweinbrennens zur weinichten Gährung vorzubereiten u. s. w. Pyrmont, 1819. Er sagt in dieser interessanten kleinen Schrift: „Die Alkalien befördern die Auflösung der Stärke, Faser und auch die des Eyweißstoffes, (in den Kartoffeln,) vorzüglich wenn sie kaustisch angewendet werden. Die Weinsteinsäure und alle der Gährung nachtheilige Stoffe werden durch sie neutralisirt und absorbirt, der Prozeß der Gährung wird dadurch erhöht, versichert, und endlich sind sie das Princip, wodurch bei den Kartoffeln eine beträchtliche Menge vortrefflicher Hefen als Nebenprodukt gewonnen wird. Ich bediene mich vorzugsweise der kaustischen Aschenlauge."

ersteren ⅓ Weingeist mehr Ausbeute gegen das leztere erhalte, ist so direct gegen die bestimmtesten Erfahrungen des übrigen Europa's, daß sie am wenigsten da Berücksichtigung verdient, wo sie als ein Beleg aus der Erfahrung gelten soll. Jene Aeußerung, wie sie aufgestellt ist, läßt sich auch ganz unabhängig von der vorliegenden Controverse widerlegen. Denn der Gährung geht, wenn mehlhaltige Früchte dazu genommen werden, die Extraction derselben voraus, und wenn die Extraction unvollkommen geschieht, so muß nothwendig ein Verlust an Alkohol erfolgen. Daß aber hartes Wasser einer guten Extraction hinderlich sey, ist eine ganz allgemein bekannte Thatsache *) Nach Dubrunfaut's Be-

---

*) Vielleicht nimmt jene Behauptung die Ausflucht, daß die Extraction mit weichem, das sogenannte Stellen aber mit hartem Wasser geschehen müsse. Mir scheint das Ganze auf einem Mißverständnisse zu beruhen. Es ist noch keine Folge, daß, wenn man Brunnenwasser dem Flußwasser vorzieht, man dadurch anerkenne, daß hartes Wasser besser sey, als weiches. Der Grund des Vorzugs kann auch darin liegen, daß das Brunnenwasser rein, das Flußwasser dagegen wie es häufig geschieht, unrein ist, und man darf keineswegs vergessen, daß von dem äußerst niedrigen Flandern die Rede ist.

hauptung müßte auch hartes Wasser bei dem Brauen des Biers besser seyn, was noch Niemand gefunden hat. — Wäre aber auch die Thatsache begründet, so könnte sie doch nicht zur Unterstützung der in Frage stehenden Ansicht dienen. Denn die Kohlensäure ist es, welche sich aus kalkhaltigem Wasser entwickelt, und deren enthält ja jede Gährung, wenigstens während ihres Verlaufes, ohnedem genug. Dubrunfaut selbst ist der Meinung, daß der Kalk, der darin befindlich ist, der sauren Gährung entgegenwirke, aber eine richtig geleitete Weingährung hat sich vor der Säure gar nicht zu fürchten.

Daß auch die Kohlensäure in Döbereiner's Versuchen (§. 38.) nicht die Bestimmung erfüllt, welche die mineralischen Säuren in der Voltaischen Säule haben, geht daraus hervor, daß Zucker, mit reinen Hefen angesezt, auch ohne Gegenwart von Sauerstoffgas oder Kohlensänre in Gährung kommt. Diese Thatsache spricht es sehr deutlich aus, daß die Wirkung der Kohlensäure in jenen Versuchen einzig das Zymom trifft und dasselbe erst fähig macht, einen elektrischen Gegensatz mit dem Zucker zu bilden, ohne welchen keine Gährung eintreten kann. Auch bloß eine Voltaische Säule, die mit chemisch reinem und ganz luftleerem Wasser erbaut ist, hat keine Wirkungen. Der geringste Zusatz von Säure dagegen bringt sie in Thätigkeit. Wir wis-

sen aber, daß alle natürlichen, süßen Säfte vegetabilische Säuren enthalten. Es kann also unmöglich seyn, daß ihnen die Säure zur Gährung fehlt, und daß der Eintritt der lezteren von der Existenz der Kohlensäure abhängt, die noch überdieß die geringste unter allen ist.

§. 78.

Unzweifelhaft ist es, daß während der Gährung wirklich vegetabilische Säuren gebildet werden, und zwar nach den Umständen bald Essigsäure, bald Aepfelsäure oder Weinsteinsäure. Nach den bisherigen Erfahrungen ist es besonders die Essigsäure, welche bei der Gährung des Zuckers erzeugt wird; die Aepfelsäure, welche bei der Gährung mehlhaltiger Früchte entsteht, und Aepfel- und Weinsteinsäure, die aus der Gährung süßer Früchte hervorgehen. Auch die Quantität dieser Säurebildung ist verschieden, so daß wir in dieser Verschiedenheit der Quantität und Qualität wohl mit Recht einen Anhaltspunkt zur Erklärung ihrer Erscheinung suchen. Es muß in den Bestandtheilen der zuckerigen Materien selbst der Grund dazu liegen.

Wir dürfen aber nur die Analysen der verschiedenen zuckerigen Stoffe, welche zur Gährung angewendet werden können, überblicken, um uns zu überzeugen, wie sehr das Verhältniß des Sauerstoffs darin variirt. Der Rohrzucker besizt weniger Sauerstoff, als der Schleimzucker und als der Weintraubenzucker; aber

gerade er ist es, der die Essigsäure bildet, die weniger Sauerstoff besizt, als die Weinstein- und Aepfelsäure. Sonach rechtfertigt sich die Ansicht, daß neben der Bildung des Alkohols und der Kohlensäure nach der jedesmaligen Beschaffenheit des angewendeten zuckerigen Stoffs noch ein solcher Antheil der Bestandtheile vorhanden seyn kann, welcher sich zur vegetabilischen Säure vereinigt, wodurch also außer der Kohlensäure noch ein Antheil vegetabilischer Säure am Orydpol hervorgeht. Der Umstand, daß dieser Antheil so gering ist, ferner, daß durch die Wasserzersetzung nur eine ganz bestimmte Menge Wasserstoff geliefert wird, und daß, nachdem einmal die Zersetzung des Zuckers entschieden ist, es von der Modification seiner Bestandtheile abhängen muß, welche Modification der Produkte eintreten wird, läßt über diese Ansicht keinen Zweifel übrig.

§. 79.

Eine stöchiometrische Untersuchung, so weit sie bei der vorliegenden Genauigkeit der Analysen organischer Körper möglich ist, wird zur Bestätigung der in dem Vorausgehenden gegebenen Theorie der Gährung beitragen. Wir nehmen hierbei den Rohrzucker, weil er die reinste der zuckerigen Substanzen ist, als den Repräsentanten der lezteren an. Dem §. 70. zu Folge sind seine Bestandtheile nach Berzelius folgende:

41,26 Kohlenstoff,
6,97 Wasserstoff,
51,77 Sauerstoff.

Nach §. 17. werden bei der Gährung

44,5 Kohlensäure,
54,0 Alkohol
1,5 vegetabilische Säure

gewonnen. Wir wollen nun sehen, in wie fern diese Produkte mit den Verhältnißzahlen des Zuckers zusammenstimmen.

Nach der schon von Lavoisier und Guyton-Morveau gemachten Angabe, welcher die späteren Chemiker sich immer ganz nahe hielten, besteht die Kohlensäure aus

28 Kohlenstoff,
72 Sauerstoff.

Die 44,5 Prozente Kohlensäure sind also zusammengesezt aus

12,46 Kohlenstoff,
32,04 Sauerstoff.

Zieht man sie von den Bestandtheilen des Zuckers ab, so bleibt ein Rückstand von

28,80 Kohlenstoff,
6,97 Wasserstoff,
19,73 Sauerstoff.

55,5 Prozente.

Diese auf 100 berechnet, geben

51,89 Kohlenstoff,

12,56 Wasserstoff,

35,55 Sauerstoff.

Die Verhältnißzahlen des Alkohols aber sind nach der Angabe von Saussüre's, der genausten, welche wir besitzen,

51,98 Kohlenstoff,

13,70 Wasserstoff,

34,32 Sauerstoff,

sie geben also eine größere Zahl des Wasserstoffs und eine geringere des Sauerstoffs an, als in jenem Reste enthalten ist. Nimmt man dazu, daß auch die vegetabilische Säure, der auf jeden Fall jener Ueberschuß an Sauerstoff (der sich im Trauben- und Schleimzucker noch vermerhrt,) zu Theil wird, Wasserstoff in ihre Bestandtheile aufnimmt, so ergiebt sich aus dieser Berechnung genauer, als man es selbst erwarten darf, die Zersetzung des Wassers bei der Gährung und die dadurch erfolgende Hydrogenation des Zuckers. Noch mehr Sicherheit gewinnt sie durch einen Blick auf die Analysen verschiedenen Zuckerarten, selbst von verschiedenen Chemikern. Wir finden viele davon in Bischof's Stöchiometrie *) zusammengestellt und nehmen neuere dazu:

---

*) Erlangen, 1819. S. 357.

Rohrzucker nach Thenard und Gay-Lüssac	6,9	Wasserstoff.
— nach Berzelius	6,891	—
— nach Berzelius's neuster Analyse	6,97	—
— nach Prout	6,66	—
Stärkezucker nach Saussüre	6,84	—
Weintraubenzucker nach demselben	6,78	—
Milchzucker nach Berzelius's neuster Analyse	6,76	—
Mannazucker nach Saussüre	6,06	—

Aus dieser Zusammenstellung geht fast mit Gewißheit hervor, daß das Verhältniß des Wasserstoffs in allen Zuckerarten dasselbe ist, und daß das der Berechnung zu Grund gelegte Verhältniß von 6,97 im Rohrzucker der Wahrheit höchst nahe kommt.

Gehen wir aber andererseits die verschiedenen Analysen des Alkohols durch, wovon Bischof a. a. O. sieben anführt, so ergiebt sich, daß die oben angenommene gerade diejenige ist, die die geringste Zahl für den Wasserstoff enthält.

Es ist sonach auch durch die Rechnung bewiesen, daß dem Zucker wirklich eine bestimmte Quantität Wasserstoff fehlt, um Alkohol zu bilden, daß sonach Wasserzersetzung statt findet. Dieses Fehlende beträgt mehr als den siebenten Theil des Wasserstoffgehalts des

Zuckers, ist also wohl von Bedeutung und kann um so weniger auf einem Fehler der Analyse beruhen.

Es schließt sich hier die Bemerkung an, daß sonach bloß das variable Verhältniß des Kohlenstoffs und Sauerstoffs im Zucker seine mancherlei Arten hervorbringt. Auch dieß ist ein Beweis der gegebenen Theorie. Da Abänderungen in der Carbonisation und Oxydation allein nicht im Stande sind, den Zucker zu zersetzen, so muß die Wirkung vom Zutritt des Wasserstoffs bedingt seyn. In dieser Beziehung ist es merkwürdig, daß der Zucker durch Behandlung mit metallischen Oxyden diese zersezt, selbst aber die Krystallisationsfähigkeit dabei verliert. Man sieht hieraus, wodurch die leztere bedingt ist, nämlich durch einen geringeren Gehalt an Sauerstoff. Dieß stimmt ganz damit überein, daß im Vegetationsprozeß Zucker durch Desoxydation der vegetabilischen Säuren entsteht. In diesem größeren Sauerstoffgehalt des Schleimzuckers ist auch der Grund zu suchen, warum er besser gährt, da nun ein größerer elektrischer Gegensatz mit dem Zymom und mit seinem eignen Kohlenstoff vorhanden ist; und hier haben wir eine fernere Bestätigung der Ansicht, daß durch Begünstigung des Oxydationsprozesses auch die galvanische Wirkung der Gährung verstärkt wird. Will man also, was für Zuckersiedereien sehr wünschenswerth ist und unsern Runkelrübenzucker=Fabricationen am meisten im Wege stand, den

Schleim=

Schleimzucker in krystallisirbaren Zucker verwandeln, so muß man darauf denken, ihn zu desoxydiren *).

§. 80.

Die bekannte Eigenschaft des Milchzuckers, nicht zu gähren, findet hier am besten ihre Erklärung. Seine Bestandtheile sind nach Berzelius **) neuster Analyse:

42,03 Kohlenstoff,
6,76 Wasserstoff,
51,03 Sauerstoff.

Er unterscheidet sich also vom Rohrzucker und noch mehr vom Schleimzucker durch einen größeren Gehalt an Kohlenstoff. Aus dem vorigen Paragraph erhellt aber, daß eine Zuckerart desto leichter gährt, je geringer in ihr das Verhältniß des Kohlenstoffs zum Sauerstoff ist. So ist es also der Kohlenstoff, der die Gährung des Milchzuckers verhindert. ***) Es stimmt ganz damit überein, was an einem andern Orte ****) nachgewiesen wurde, daß

*) Nach Cruikshank wird Rohrzucker durch Behandlung mit schwefelwasserstoffhaltigen und schwefelhaltigen Alkalien in Gummi verwandelt. Der Prozeß ist eine Desoxydation. Thomson's Chemie, IV. S. 12.

**) Schweigger's Journal, XXIX. S. 497.

***) Es scheint, als beruhe überhaupt hierauf die Eigenschaft der Kohle, die Fäulniß abzuhalten.

****) In dem Buche, von welchem im Vorwort die Rede ist.

zusammengemengt vorstellen, wie sie etwa sich unter einander befinden würden, wenn man sie einzeln mit Wasser vermischte. Sie bilden ein mehr oder minder gleichförmiges Ganzes, in dem die einzelnen Bestandtheile untergegangen sind, so daß es oft Schwierigkeiten hat, sie davon zu trennen. Der Wein giebt eine sehr passende Analogie; eben diese Beschaffenheit seiner Natur hat die Chemiker lange irre geführt. Die Behauptung, daß der Alkohol ein Produkt der Destillation und nicht der Gährung sey, entstand bloß dadurch, daß die Bestandtheile des Weins so innig mit einander verbunden sind, daß der darunter befindliche Alkohol durch Zusatz von kohlensaurem Kali sich nicht ausscheiden läßt, obwohl auch die kleinste Quantität des absichtlich zugegossenen Alkohols dadurch zum Vorschein kommt. Entfernt man aber den Extractivstoff durch Schütteln des Weins mit fein geriebener Bleiglätte, und hebt man dadurch die innige Verbindung auf, so zeigt sich auch der dem Wein eigenthümliche Alkohol durch Zusatz von Kali.

Dasselbe ist der Fall mit andern Flüssigkeiten, welche wir aus organischen Substanzen zubereiten. Durch die Gährung aber, welche den Zucker ganz zersezt und in andere Stoffe umwandelt, muß offenbar eine Veränderung in der Mischung vorgehen; sie wird nur diejenigen Stoffe beibehalten, welche zur Eigen=

thümlichkeit des entstandenen neuen Produktes passen, die übrigen aber ausstoßen. Von dem Extractivstoff ist es bekannt, daß er sich nach und nach bei dem Zutritt der Luft durch Oxydation ausscheidet. Zu ihm gesellen sich Eyweißstoff und zufällig in der Mischung befindliche Substanzen. Hierin liegt schon ein Grund der bei der Gährung statt findenden Trübung der Flüssigkeit. Erst nach der Abscheidung des Extractivstoffs ist aber der Zucker fähig, in den galvanischen Prozeß einzugehen, und deßhalb geht die Trübung immer den sichtbaren Erscheinungen der Gährung (Gasentbindung, Wärme u. s. w.) voraus. Durch Ausscheidung des Zymoms wird die Trübung in der Folge verstärkt, und eben so durch die Absonderung des Gliadins, das man zuvor mit unter dem allgemeinen Namen Kleber begriff.

Ein wichtiger Unterschied liegt für die Ausscheidung der Hefen darin, ob das Zymom in der Gährung mit thätig war, oder nicht. Ersteres gilt von demjenigen, welches den künstlichen Meischen, z. B. den Würzen, absichtlich zugesezt wird und in den süßen Fruchtsäften die Gährung erregt. Das andere ist das durch das Gliadin oder auf ähnliche Weise gebunden gewesene. Es läßt sich erwarten, daß jenes durch die Oxydation unwirksam geworden seyn werde, und die Erfahrung bestätigt es. Ich habe schon oben angeführt, daß sich solches Zymom

Das gleiche findet mit Hefen statt, die man im feuchten Zustande an der Luft sich selbst überläßt.

Die Behauptung, daß das Zymom in seinen vielen Umwandlungen eine bedeutungsvolle Rolle spiele, dringt sich hier wieder auf, es gehört indessen nicht hierher, diese Ahndungen weiter zu verfolgen.

III.

Andeutungen
über den
materiellen Zusammenhang
der Naturreiche.

Vorwort.

Es wurde schon öfters versucht, das Streben der Naturforscher, eine aufsteigende Entwicklung aus dem Niedern zu dem Höheren nachzuweisen, also die Entstehung des Pflanzenreichs aus dem Mineralreiche, und des Thierreichs aus dem Pflanzenreiche, als nichtig, ja zuweilen als freventlich darzustellen. Das erste Buch Mosis, das die gleiche Steigerung des Irdischen von dem Niederen zum Höheren beschreibt, erzählt aber selbst, daß Gott den Menschen aus einem Erdenkloß gemacht habe. Dieser Verwandlung des Körperlichen will nun der Naturforscher nachgehen und ist wohl um so eher dazu befugt, als er sich dabei an den „lebendigen Odem" auf keine Weise wagt. Alles, was von dieser Welt ist, ist nach den heiligen Satzungen selbst unter die Herrschaft des Menschen gegeben, und so darf es uns nicht verargt werden, wenn wir gerne wissen möchten, wie es zugeht, daß wir von Erde sind und wieder zu Erde werden.

Was aber das gewöhnliche Sträuben gegen den Gedanken betrifft, daß die Natur einstens vermocht habe, nicht nur organische Produkte aus unorganischen Massen überhaupt, sondern vornehmlich auch größere Pflanzen und Thiere, als Flechten und Infusionsthiere, unmittelbar hervorzubringen, so ist es die Weigerung eines Streitenden, der alle Vordersätze zugegeben hat, aber nur die Schlußfolge nicht

einräumen will. Bloß Gewohnheit läßt uns vergessen, daß es an sich ein eben so großes Wunder ist, wenn vor unsern Augen aus einem Samenkern ein Baum wird, als wenn aus unorganischer Materie ein organisches Produkt entsteht. Auch die durch generatio aequivoca entstandenen Infusionsthiere pflanzen sich weiter durch sich selbst fort, ohne einer neuen generatio aequivoca zu bedürfen. In Rücksicht auf die Entstehung größerer und vollkommnerer, organischer Geschöpfe beweist uns aber die Geologie am deutlichsten, daß allerdings die Kräfte der Erde in früheren Zeiten bei weitem mächtiger gewesen sind, als jezt; man denke an die Entstehung der Gebirge, oder wenn man will, an die Entstehung — der Erde selbst. Demnach kommt zulezt alles darauf zurück, daß ein Wunder so groß ist, als das andere, und daß sie alle in einem einzigen wurzeln, das kein anderes ist, als die Existenz selbst.

Ich gebe die nachfolgenden Bemerkungen nur für Andeutungen, für Blicke aus einer dunklen Gegenwart in eine hellere Zukunft. Der schwierigste Gegenstand erscheint leichter, wenn man nur irgendwo einen Anfang sieht und die Richtung findet, nach der man sich zu kehren hat. Zudem sind die Hülfsmittel der Naturwissenschaft und der Eifer derer, die sich damit beschäftigen, in unserer Zeit so groß, daß sie auch nichts weiter bedarf, um bedeutende Fortschritte in irgend einem ihrer Gebiete zu machen. Sonach muß ich bloß wünschen, daß man dasjenige, was ich gebe, weiterer Nachforschungen für würdig erachten möge.

Bei den Untersuchungen über die Gährung mußte mir vorzüglich daran gelegen seyn, die Natur des Ferments *) möglichst zu erforschen und Uebereinstimmung in die Gährungsphänomene der verschiedenen zuckerigen Flüssigkeiten, als der Auflösung des reinsten Zuckers, des Saftes der süßen Früchte, der Würzen aus Malz u. s. w. zu bringen.

Besonders erschien es räthselhaft, daß man bei allen Analysen der Getreidearten keinen Stoff finden konnte, der der Natur des Ferments entsprach, und daß doch gerade durch die Getreidearten die größte Menge desselben gewonnen wird. Man sah sich deßhalb gezwungen, es für eine Substanz zu halten, die erst durch Gährung erzeugt werde. Fabroni fand Aehnlichkeit zwischen ihr und dem glutinösen Bestandtheil des Käses. Wegen ihrer Verwandtschaft mit thierischen Stoffen nannte er sie vegeto-animalische Substanz.

---

*) Die wenigen Wiederholungen, welche in diesem Aufsatze vorkommen, hielt ich für nöthig, um die vielen Hinweisungen auf Resultate der zwei vorausgegangenen Abhandlungen, besonders derjenigen über die Gährung, überflüssig zu machen.

Ich habe durch mikroskopische Beobachtungen gefunden, daß es der Kleber im Getreide ist, der das Ferment als einen seiner Bestandtheile schon wirklich formirt enthält. Es befindet sich darin in der Form ganz derselben kleinsten und nur durch das Mikroskop erkennbaren Kügelchen, welche die rein ausgewaschenen Hefen bilden, nur mit einer zähen, durchscheinenden Substanz verbunden, welche äußerst schwer davon zu sondern ist. Taddei hatte im Jahre 1820 eine Zerlegung des Klebers versucht und seiner Angabe nach daraus zwei verschiedene Substanzen geschieden, die er Gliadin und Zymom nannte. Obgleich seine Analyse unvollständig ist, und die von ihm angegebenen Eigenschaften beider Körper berichtigt werden müssen, so kann man doch jene im Kleber enthaltenen Kügelchen und die sie verbindende zähe Substanz mit den Namen Zymom und Gliadin belegen, um zu genauen Bezeichnungen zu gelangen.

Als ich Malz auf Kleber behandelte, erhielt ich eine Substanz, die weit weniger klebrig war, und in welcher die Zymomkügelchen in einem freieren Zustande sich befanden. Es ist nunmehr klar, daß bei dem Prozesse des Malzens das Zymom theilweise von seinem Gliadin befreit wird, und daß diese Befreiung vollends in der Gährung statt findet, so daß also das Zymom daraus als ein Edukt hervorgeht.

Das Malzen ist aber bekanntlich nichts andres,

als die Zuckerbildung in mehlhaltigen Früchten mittelst der Vegetation. Da nun dadurch das Zymom von seinem Gliadin theilweise und zwar, wie es scheint, durch Umwandluug des lezteren befreit wird, so läßt sich begreifen, wie die Vegetation bei ihrer vollkommensten Zuckerbildung, nämlich bei dem Reifen der süßen Früchte und süßen Säfte überhaupt, das Zymom auch am freisten entwickeln werde. So verhält es sich auch. Die süßen Säfte der Früchte, des Zuckerrohrs, u. s. w. enthalten das Zymom gänzlich frei, in der Form ungebundener Kügelchen, und daraus erklärt es sich, warum diese Säfte so leicht für sich gähren können, der Malzertract hingegen nur sehr langsam und schwierig, so daß man bekanntlich fremdes Ferment erst zusetzen muß, wenn man brauchbare Flüssigkeiten daraus gewinnen will.

Indessen ist doch auch das Zymom in den natürlichen Zuckersäften nicht als wirklicher Gährungsstoff, d. h. der Gährung erregen kann, enthalten, sondern es wurde durch Gay-Lüssac's interessante Versuche dargethan, daß ohne Sauerstoff keine Gährung in ihnen statt findet. Ich habe nachgewiesen, daß die Wirkung des Sauerstoffs auf eine Oxydation des Zymoms hinauskommt, so daß das wirksame Zymom ein Oxyd ist. Wir kennen es also schon in zwei verschiedenen Zuständen.

Weitere Beobachtungen lehrten mich, daß das

Zymom auch in dem Leime enthalten sey und einen gewöhnlichen Begleiter der Gallerte abgebe. Betrachtet man Leim unter dem Mikroskop, so findet man eine durchscheinende, helle, gelbe Substanz, die gänzlich mit Zymomkügelchen angefüllt ist. Hausenblase stellt sich eben so dar, nur daß die durchscheinende zweite Substanz darin, (die eigentliche Gallerte,) weißlich, mit schmutzigen Stellen, erscheint. Man muß sich in allen diesen und andern Fällen nicht etwa bloß einzelne Kügelchen in der durchscheinenden Masse vertheilt denken. Die Kügelchen befinden sich in so großer Anzahl darin, daß man sagen kann, sie liegen an einander an, und die Gallerte durchdringt bloß die durch die sphärische Gestalt entstandenen Zwischenräume. Offenbar deutet dieß auf ein sehr inniges Verwandtschaftsverhältniß.

Fabroni's Versuche, durch den glutinösen Bestandtheil des Käses Gährung zu erregen, leiteten mich darauf, die Milch gleichfalls unter dem Mikroskop zu betrachten. Sie zeigte sich gänzlich mit Zymomkügelchen angefüllt, eben so der Käsestoff, nur daß lezterer sich auf ähnliche Weise darstellte, wie die Hausenblase, mit einer weißlichen, zähen Substanz auf das innigste verbunden. Er ist also, wie er gewöhnlich erscheint, gleichfalls keine einfache Substanz.

Es befremdete mich nun nicht mehr, als ich ferner fand, daß die sogenannten Blutkügelchen sich gleichfalls

falls unter dem Mikroskop vollkommen wie Zymom verhalten. Döllinger fand das Blut kleinster Fischchen, die er in den Kiemen von Muscheln antraf, so sehr mit solchen Kügelchen angefüllt, daß er anfangs sogar die ganze Blutmasse bloß für fortrollende Kügelchen ohne alle beigemischte Flüssigkeit ansah. Die gährungserregende Kraft der Milchkügelchen rechtfertigt aber allerdings und um so mehr den Schluß, daß eine genaue Beziehung zwischen dem vegetabilischen Zymom und den thierischen Kügelchen statt finden möge, als der Stickstoffgehalt des Klebers, (und der Hefen,) sowie sein sonstiges Verhalten so entschieden demjenigen der thierischen Substanzen analog ist, daß Klaproth und Wolff in ihrem chemischen Wörterbuch *) die Ansicht aufstellen, er würde seine Stelle weit schicklicher unter den thierischen Substanzen finden, als unter den vegetabilischen.

Es läßt sich wohl vermuthen, daß das Zymom in diesem verschiedenen Vorkommen nüancirt seyn werde. Das Gährungszymom ist, wie schon erwähnt wurde, ein Oxyd des Fruchtzymoms, und aus meiner Abhandlung über die Gährung geht hervor, daß das erstere während seiner galvanischen Wirksamkeit in der Gährung (wie der Zink) oxydirt werde, also eine fernere Stufe der Oxydation ersteige. Thenard hat nachgewiesen,

*) III. S. 125.

daß Hefen durch Stehen an der Luft viel Sauerstoffgas verschlucken, auch sind Hefen, die in einer Weingährung schon gewirkt haben, für eine zweite Weingährung unwirksam.

Als ich weiter nachforschte, was aus dem in der Weingährung gebrauchten Zymom geworden sey, fand ich, daß dasselbe mit Beibehaltung seiner sphärischen Gestalt sich auf dem Boden der gegohrnen Flüssigkeiten befindet. Ich untersuchte nun einen ziemlich starken Fruchtessig, der noch in seiner Gährungswärme sich befand und eben daran war, fertig zu werden, auf Zymom. Man sah sowohl einzelne, als auch zusammengeballte Zymomkügelchen darin *). Die Essigmutter aber bestand durchaus aus solchen Kügelchen, die in Schleim eingehüllt waren.

Zufällig hatten sich einige Essigaale, welche gewöhnlich in dieser Periode der Essiggährung entstehen, mit unter das Mikroskop begeben. Hier war es nun überraschend, zu sehen, daß sie dem Anschein nach aus nichts bestanden, als aus ganz denselben Zymomkügelchen, die wahrscheinlich durch eine gallertartige, aber völlig durchsichtige Masse, zusammengehalten werden. Der Anblick ist wirklich sehr schön, wenn man diese organisirten, durchsichtigen Kügelchen unter den

---

*) Vollkommen ausgegohrne, oder wie man sagt, abgelegene Flüssigkeiten enthalten kein Zymom.

andern leblosen sich in den bekannten Krümmungen bewegen und manchmal durch ein kleines Haufwerk Essigzymoms sich mit Anstrengung durchwinden sieht.

Ich bemerke hier im Vorbeigehen, daß ich bei vielen Untersuchungen über jenen Essig außer den einzelnen und den zu Klümpchen zusammengeballten Kügelchen zusammenhängende Reihen derselben fand, welche wie Versuche zur Hervorbringung der Essigaale aussahen. Manchmal stellten sie ganze Perlenlinien dar, öfters sind sie auch gekrümmt; häufig sieht man nur eine einfache Reihe, die dann kürzer und dünner ist, öfters aber auch eine dickere, in welcher die Kügelchen sich mehrfach zusammen- und auf einander gereiht haben.

Ich betrachtete nun faulendes Wasser unter dem Mikroskop. Es zeigten sich ähnliche Erscheinungen. Man bemerkte darin viele sowohl einzelne als zusammenhängende Kügelchen ganz gleicher Art. Die darin befindlichen Infusorien hatten zwar eine andere Gestalt, sie waren nämlich flach und elliptisch, bestanden aber gleichfalls aus solchen Kügelchen (und einem gallertartigen Stoffe.) Ueberhaupt lehren uns die vielen Untersuchungen Needham's, Wrisberg's, Müller's, Spallanzani's u. a., daß die Gestalt derselben höchst verschiedenartig, veränderlich und von ganz unbedeutend scheinenden Umständen abhängig ist. Bald sind sie bloße Punkte, bald verbinden sich die

einzelnen lebenden Punkte zu einer größeren lebenden Masse, bald sind sie länglicht, fischähnlich, oval, zangen= und glockenförmig, je nachdem sie sich mehr oder weniger, und so oder anders mit einander verbanden. Anders werden sie in der Sonne, anders im Schatten, anders in Kellern; aus der nämlichen Substanz entstanden verschiedenartige Thierchen, je nachdem sie gekocht oder kalt war u. s. w. *)

Ich untersuchte eine höchstverdünnte Auflösung von Stärkesyrup, die noch Spuren von Schwefelsäure zu erkennen gab und keine Schimmelvegetationen mehr hervorbrachte, auch mehrere Wochen gestanden hatte.

---

*) Die Zeugung, von Oken, 1805. S. 7.

G. H. Schubert macht in seinem Lehrbuch der Naturgeschichte, Erlangen, 1823. S. 120. folgende Beschreibung von ihnen. „Wenn man auf Pflanzensamen etwas Wasser schüttet und dieß einige Zeit stehen läßt, oder, wenn man das etwas verdorbene Wasser aus dem Trinknäpfchen eines Vogels, und überhaupt jedes verdorbene Wasser, worinnen Pflanzen oder thierische Theile enthalten waren, unter ein Mikroskop bringt, so sieht man in einem einzigen solchen Tröpfchen unzählige kleine lebendige Wesen sich bewegen. Da giebt es ganz kleine, einfache Kügelchen, die sich eins gegen das andere, oder gegen ein hineingefallenes Körnlein Staub bewegen, sich gegenseitig verfolgen oder fliehen, eins das andere verschlingen und anziehen. Dann giebt es auch größere oder zusammengesetzte Kügelchen, wo viele (wohl gegen 40) kleine, einfache,

Man bemerkte darin viele Zymomkügelchen, unter ihnen aber bewegte sich eine große Anzahl ganz gleicher, einzelner Kügelchen mit großer Schnelligkeit nach allen Richtungen. Man konnte diese Infusorien durch nichts von den Zymomkügelchen unterscheiden, als durch ihre Beweglichkeit. Die Anzahl beider war etwa gleich. Als die Flüssigkeit unter dem Mikroskop allmählich vertrocknete, verschwand alle Bewegung, und man glaubte nun in dem eingetrockneten, dünnen und durchsichtigen Schleime nichts als Zymomkügelchen vor sich zu haben.

Bei dem Zusammenfassen dieser Thatsachen dringt sich uns der Gedanke auf, daß hier nicht bloß der Zufall Aehnlichkeiten herbeigeführt habe, sondern daß in

---

lebendige Kugeln in einer größeren enthalten sind, die sich immer um sich selber herumdreht. Auch giebt es solche zusammengesezte, wo mehrere Kugeln z. B. zu einem Viereck sich vereinen. Eben so sieht man auch in solchen Aufgüssen kleine lebendige Stäbchen oder Fäserchen, davon sich auch oft wieder mehrere (gleich Zell= oder Schlauchgefäßen der Pflanzen) an einander legen und ein größeres lebendiges Ganzes machen. Manche solche Thierlein haben rings um sich her, gleich dem Bild der Sonne mit ihren Strahlen, kleine Fäserchen, mit denen sie sich wie ein Rad um sich selber kreisen, oder sie haben mehrere solche Räder, statt der Glieder, an ihrem Körper, mittelst welchen sie schwimmen. In manchen größeren solchen Kügelchen sind statt der Eingeweide kleine solche lebendige Kügelchen, die sich an und gegen einander bewegen."

ihnen ein unmittelbarer, genauer Zusammenhang sey, der uns an die Eingangspforten des thierischen Lebens stellt.

Weitere Untersuchungen gaben noch mehr Licht. Man sieht die Priestley'sche grüne Materie häufig als den Anfang der Vegetation an *). Auch sie erscheint unter dem Mikroskop als solche Kügelchen, (der Ausdruck Bläschen ist unpassend,) die sich in einem gallertartigen, durchsichtigen Schleime befinden. Ueberhaupt geht schon aus dem Gesagten hervor und wird sich noch mehr in der Folge ergeben, daß eine solche Materie, die die Nüancen von dem leichtauflöslichsten Schleime bis zu dem zähen, schwerzubehandelnden Gliadin durchläuft, regelmäßig **) das Zymom begleitet. Das arabische Gummi und das Wachs ***) enthalten gleichfalls beide Körper, und

*) Es fragt sich sehr, ob sich dieses bestätigt, und ob sie nicht vielmehr, wie aus den weiter unten folgenden Thatsachen hervorzugehen scheint, durch eine bloße Reproduction mittelst schon vorhandenen Pflanzenstoffs entsteht.

**) Nur das ausgewaschene Ferment stellt sich als reines Zymom dar. Mit Schwefelsäure behandelt, entwickelt es kein Gas. Siehe weiter unten. Jener begleitende Stoff ist indessen nur davon abgeschieden.

***) Feiner Honig erscheint als reinster, flüssiger Zucker mit äußerst wenigen Kügelchen.

es ließe sich wohl denken, daß der Zucker selbst nichts ist, als dieser veredelte Schleim.

Das grüne Satzmehl der Pflanzen verdient auch eine Erwähnung. Man erhält es *), wenn man den frischgepreßten Saft der Brunnenkresse, des Löffelkrauts, des Schierlings, des Meerrettigs und anderer ähnlicher Pflanzen, nachdem er zuvor in der Ruhe den stärkemehligen Bestandtheil abgesezt hat, oder nachdem derselbe durch Filtriren **) davon befreit

---

*) Klaproth und Wolff's Wörterbuch, III. S. 132.

**) Die süßen Fruchtsäfte oder andere zuckerige Flüssigkeiten, z. B. Malzabsud, die man mit Hefen zur Gährung ansezt, lassen sich auch durch sehr oftmaliges Filtriren noch nicht von allem Zymom befreien. Die Kügelchen sind so klein, daß immer viele noch mit hindurch gehen, um so mehr, als Zucker und Zymom, als negativ= und positiv elektrische, entgegengesezte Körper, eine genaue Verwandtschaft zu einander haben, welche sie veranlaßt, auch in trockner Gestalt mit einander zusammengerieben, eine homogene syrupartige Flüssigkeit darzustellen. Mikroskopische Beobachtungen ergeben, daß sich das Zymom noch unverändert darin befindet, so daß eben darauf, (entsprechend der Contacts=Elektricität der Metalle,) und weil das hinzukommende Wasser wohl Verwandtschaft zum Zucker hat, nicht aber zum Zymom, dieses also wieder ausscheidet und dadurch den Gegensatz zwischen Zymom und Zucker wiederherstellt, — die Möglichkeit der galvanischen Action, nämlich die Tendenz, nunmehr auf Kosten der Indifferenz den Gegensatz auszugleichen, beruht.

worden ist, über Feuer mäßig erwärmt oder auch kalt mit Säuren oder Weingeist versezt. Er trübt sich dann aufs neue und sezt zarte, käseartig geronnene Flocken ab, die meistens einen grünen, samtartigen, zarten Bodensatz bilden, der eben das grüne Satzmehl darstellt. Durch Digestion mit Alkohol wird nach dem Trocknen dieses Bodensatzes ein harzähnlicher Bestandtheil ausgezogen, der dem Alkohol gewöhnlich eine grüne Farbe ertheilt. Der rückständige Antheil ist kleberartig und wurde von Rouelle dem jüngern für Kleber erklärt. Proust bestätigte diese Meinung. Auch hier finden wir also, wie mikroskopische Beobachtungen bestätigen, das Zymom mit seinem begleitenden Körper. Indessen scheint der zuerst von Rouelle für Kleber gehaltene Stoff noch eben so unrein zu seyn, als Taddei's Zymom. Das höchst verbreitete Vorkommen beider Substanzen in organischen Produkten wird immer mehr in die Augen fallen.

Daß diese Kügelchen der Priestley'schen Materie, des grünen Satzmehls, des Frucht- und Gährungs-, sowie des Essigzymoms wirklich nur ein und denselben Körper, wenn auch in verschiedenen Nüancen, darstellen, beweist das gleichartige Verhalten derselben. Es ist ein angenommener Satz, daß concentrirte Schwefelsäure die vegetabilischen Substanzen verkohlt. Ich habe gefunden, daß dieser Satz hinsichtlich des Zymoms

eine merkwürdige Abänderung erleidet. Bringt man etwas Zucker, der gewöhnlich noch viel Zymom enthält, das bei seiner Ausscheidung aus dem Safte des Zuckerrohrs zurückblieb, unter dem Mikroskop in concentrirte Schwefelsäure, so wird man die bekannten Erscheinungen des Verkohlens schnell eintreten sehen. Sind sie aber vorüber, so wird man bemerken, daß das Zymom noch unverändert in der Flüssigkeit sich befindet. Eben so verhält sich aber die Priestley'sche Materie. Ich brachte sie in sehr starke, concentrirte Schwefelsäure. Der Schleim verkohlte sich bald unter Gasentwicklung, die Kügelchen erlitten aber keine andere Veränderung, als daß sie nun vereinzelt waren, eben wie beim Zucker. Der Kleber verhält sich in concentrirter Schwefel- und Salpetersäure eben so, es findet Gasentwicklung (Zerstörung des Gliadins,) statt, die Kügelchen aber waren noch nach sechs Wochen unversehrt. Von einer zufälligen und bloß äußern Aehnlichkeit kann also wohl keine Rede seyn.

Da die Stärke viel Zymom enthält und so leicht nach ihrer Auflösung die bekannten Schimmel-Vegetationen ansezt, so war ich begierig, diese näher kennen zu lernen. Sie stellen in ihrem Anfange einen graulich-grünlichen Schimmelstaub, und wenn die Auflösung mehr Wasser hatte, schwärzlich grüne Klümpchen mit Radien dar. Der Staub zeigt unter dem Mikroskop nichts als lauter Kügelchen, die in einem ganz losen

Zustande sich befinden, so daß sie ganz einzeln herum zerstreut liegen. Auch die Klümpchen mit ihren Radien sind bloße Zusammenhäufungen eben dieser Kügelchen. Auch verdünnter Aepfelsyrup, sowie ganz verdünnte Stärkezuckerflüssigkeit hatten solche Schimmelklümpchen und zwar sehr viele angesezt, sowie es noch von vielen andern Flüssigkeiten bekannt ist.

Bekanutlich erscheint die Haut, welche sich bei dem Anfang der Essiggährung auf der Oberfläche der Flüssigkeit bildet, in Form zarter, gekräuselter Aneinanderhäufungen, die ein vegetabilisches Ansehen haben. Sie bestehen nur aus ausgeschiedenem Zymom, aus dem sich nach und nach die Essigmutter bildet. Eben so bestehen die ganz feinen Schimmelfäden, die wie ein zarter Duft aussehen, nur aus an einander gereihten Kügelchen.

Es wird sich nach der Mittheilung dieser Beobachtungen der Schluß rechtfertigen, daß diese Vegetationen nur da entstehen können, wo solche Kügelchen vorhanden sind *), und daß sie selbst nur belebte Kügelchen darstellen. Insbesondere geht hervor, daß

*) Wie es zu nehmen sey, daß die Schwämme, diese zudringlichen Geschöpfe der Vegetation, nach chemischen Untersuchungen größtentheils aus Kleber bestehen, (Klaproth und Wolff a. a. O. III. S. 135.) geht auch hieraus hervor.

nur dasjenige Zymom zur Vegetation geeignet ist, welches einen gewissen Grad der Säuerung erlangt hat, und daß da am liebsten Infusorien entstehen, wo diese Säuerung am höchsten gestiegen ist.

Es hat einen tiefen Sinn, daß sonach, wenn wir diese Beobachtungen über die Entstehung des vegetabilischen und thierischen Lebens zusammenhalten und die Wirksamkeit des gleichen Stoffs in ihnen erkennen, das thierische Leben als auf der Basis des Pflanzenlebens ruhend gedacht werden muß. Das Zymom stellt in diesem Zusammenhange den ausgestreuten Samen der Pflanzen- und Thierwelt dar.

Als ich den Dotter eines Ey's untersuchte, fand ich, daß er einzig als eine Zusammenhäufung von Zymom erscheint, obwohl ihm auch der andere Stoff nicht fehlen und seine Flüssigkeit veranlassen mag. *) Das Eyweiß ist davon frei.

Die vielen vegetabilischen Samen, welche ich untersuchte, enthalten es alle in großem Maße **), und es läßt sich wohl im Voraus vermuthen, daß es

---

*) Nach Thomson besteht der Eydotter aus Wasser, Oehl, Eyweißstoff und Gallerte. Dessen System der Chemie, IV. S. 512.

**) Daher entstehen die Infusorien, wie oben in der Anmerkung vorkam, so leicht aus dem Aufguß auf Pflanzensamen.

in allen sowohl vegetabilischen als thierischen Samen in einem solchen Verhältnisse vorkommen wird, ja daß die unwesentlichen Stoffe desto mehr dabei ausgeschieden und das vollkommnere Zymom mit seinem Gegensatze als höchst veredelte Stoffe übrig geblieben seyn werden, je höher die Organisation ist.

Wenn wir sonach einige Aufklärung über den Stoff, aus welchem das organische Leben seine Gebilde schafft, besitzen, so dringt sich das Bestreben desto mehr auf, auch über das Wie einige Aufklärung zu erhalten. Das Wichtigste, was uns hier entgegenkommt, ist die Rolle, welche das Zymom in der Gährung spielt, und die Thatsache, daß die Gährung selbst ein galvanischer Prozeß ist. In meiner Abhandlung über die Gährung habe ich auf den Grund von Experimenten und Analysen aus einander gesezt und bewiesen, daß das Zymom der positive Erreger, der Zucker der negative, und das Wasser die Indifferenz ist. Es ist mir zur Bestätigung dieser Ansicht gelungen, einen wirklichen galvanischen Apparat aus diesen drei Gliedern zusammenzusetzen, der die bekannten Erscheinungen der Wasserzersetzung gab. Jedes einzelne wirksame Zymomkügelchen mit seiner Zucker-Wasser-Atmosphäre bildet eine kleine Kette, die, da sie mit den andern in einer gemeinschaftlichen Flüssigkeit sich befindet, mit allen übrigen eine gemeinschaftliche Kette darstellt, voll regen Gesammtlebens, ein

wahres galvanisches System. Ich habe bei jener Gelegenheit gezeigt, daß der Voltaische Kettenapparat, dessen höchste Form der Davysche Becherkreis ohne Gasapparat, nämlich

ist, sich von dem Gährungsgalvanismus (und allen galvanischen Erscheinungen, welche in einer Gesammtmasse statt finden,) nur der räumlichen Dimension nach unterscheidet, daß nämlich jener nach der Linie, also nach einer Dimension, dieser aber cubisch, also nach allen Dimensionen, wirkt. Ich habe gezeigt, wie wichtig deßhalb die sphärische Gestalt des Zymoms ist, das nun nach allen Seiten seine Elektricität ausstrahlen kann, und warum die Voltaische Säule wohl stärkere momentane Wirkungen äußert, die Gährung aber, wenn auch geringere, doch desto anhaltendere. Eben die Stätigkeit ihrer Wirkung, der wohlthätige Grad der Temperatur, die Dauer des Prozesses, seine Abgeschlossenheit und die Freiheit, mit der sich die lezten Bestandtheile der Körper darin ohne fremden störenden Einfluß bewegen können, sind es, die

die Reproduction des eben zerfallenden organischen Lebens so sehr begünstigen.

Die Folgen, welche man daraus ziehen kann, sind,

1) daß die Gährung eine vollständigere Erscheinung des Galvanismus ist, als die Voltaische Säule,

2) daß das Zymom insbesondere eine große Bedeutung für den Galvanismus der organischen Körper hat.

In diesem Zusammenhange dringt sich uns eine schon lang vor Galvani's und Volta's Entdeckungen bekannte Erscheinung auf, die elektrische Kraft mehrerer Fische, nämlich, so viel wir bis jezt wissen, des Zitterrochen, (Raja torpedo,) des surinamschen Zitteraals, (Gymnotus electricus,) und des Zitterwelses, (Silurus electricus.) Geoffroy führt in einem Aufsatze *) über die vergleichende Anatomie der elektrischen Organe dieser drei Fische noch an, daß auch die Gattungen Tetrodon und Trichiurus elektrische Arten enthalten. Ihre elektrische Kraft ist, wenn der Fisch isolirt und bloß von Luft umgeben ist, um das Vierfache stärker. Bei den größeren Gymnoten entsteht sogar ein Funke **), und man behauptet,

---

*) Gilbert's Annalen, XIV. S. 397.

**) Walsh entdeckte, daß ein Funke sichtbar wird, wenn man durch die Hände zweier Personen, oder durch andere Leiter, beide Enden eines auf Glas befestigten und durch einen kleinen Zwischenraum unterbrochenen Stanniolstreifens mit dem Fische in Berührung bringt.

daß die größten die Kraft haben, einen Menschen zu tödten.

Man kann in diesen Fischen ein wirkliches elektrisches Organ unterscheiden, das aus vielen Röhren besteht, die mit einer gallertartigen Substanz *) angefüllt sind. Es wird nicht unpassend seyn, das nähere, was Geoffroy darüber bemerkt, hier kurz zu wiederholen. Die Rochen sind platte Fische, deren Brustflosse sich vorn an den Seiten des Kopfes als ein Knorpel, der die Seiten einfaßt, verlängert. Der Zitterrochen unterscheidet sich von seinen Geschlechts-Verwandten durch eine beträchtliche Unterbrechung dieses Knorpels am Kopfe. Die ganze „ungeheure" Leere ist von Prismen von 6, 5 oder auch nur 4 Seiten ausgefüllt, die mit ihren Grundflächen an der obern und an der untern Haut festsitzen. Sie stehen parallel neben einander, folgen den unregelmäßigen Umrissen des Kopfes und der Kiemen und bilden ganz zu äußerst eine halbelliptische Schicht. Nimmt man die Haut weg, so sehen diese Prismen, deren Grundfläche dann entblößt ist, wie eine Honigscheibe aus. Es sind lauter kleine Röhren, mit einer Substanz gefüllt, die bei der chemischen Analyse als aus Gallerte und Eyweiß zusammengesezt sich kund giebt. Dieses Organ ist mit Nerven versehen, die sich durch ihre große Dicke aus-

---

*) Geoffroy a. a. O.

zeichnen, und von denen man vier Hauptstämme unterscheidet. Sie vertheilen sich zwischen den Röhren, indem sie in alle hineindringen.

Auch die nicht elektrischen Rochen besitzen solche Röhren, nur mit dem Unterschiede, daß die Röhren des Zitterrochen sehr kurz, senkrecht, dicht an einander stehend und parallel sind, während sie in den andern Rochen weit länger sind, sich um die vorzüglichsten Kopfmuskeln herumkrümmen, und sich in mehrere, aus divergirenden Strahlen zusammengesezte Bündel trennen.

Außer dieser verschiedenen Lage und Vertheilung der Röhren zeigt sich aber noch ein Hauptunterschied. Bei den gemeinen Rochen öffnen sich die Röhren nach außen in der Haut durch eigne Löcher, die eben so viele Aussonderungsorgane der gallertartigen Masse im Innern derselben sind. Bei dem Zitterochen hingegen sind alle Röhren vollkommen verschlossen, nicht bloß durch die Haut, die bei ihnen an keiner Stelle durchlöchert ist, sondern noch mehr durch die Sehnenhäute, die sich auf der ganzen Oberfläche des elektrischen Organs ausbreiten. Die gallertartige Masse kann sich daher in ihnen nicht nach außen ausleeren, sondern muß sich in den Röhren anhäufen, woher unstreitig ihr großer Durchmesser und der Umstand rührt, daß die Zahl derselben mit dem Alter des Fisches immer zunimmt. Walsh und Hunter zählten bei jungen

200 Röhren und darüber, bei erwachsenen 400 — 500, und bei einem beträchtlich großen Zitterrochen bis auf 1700.

Das elektrische Organ des Zitteraals ist unter dem Schwanze. Es ist durch die Vereinigung einer großen Menge Sehnenhäute gebildet, die sich der Länge des Fisches nach ziehen, in Gestalt horizontal liegender, paralleler, etwa ½ Linie von einander entfernter Lagen. Andere vertikale Platten von gleicher Textur und in weit größerer Menge schneiden jene unter einem fast rechten Winkel, und so entsteht ein weites und tiefes Netz, das aus zahlreichen Zellen von rhomboidalischen Seitenflächen besteht. Das Innere dieser Zellen ist mit einer schmierigen, dem Anschein nach gallertartigen Masse angefüllt.

Das elektrische Organ des Zitterwelses umgiebt den ganzen Körper des Fisches. Es liegt unmittelbar unter der Haut, und ist aus einer beträchtlichen Schicht Zellengewebe gebildet, welches so fest und dicht ist, daß man es auf den ersten Anblick für eine Lage Speck halten könnte. Die kleinen Zellen oder Maschen dieses Netzes sind mit einem eyweiß- und gallertartigen Stoffe ausgefüllt. Mit den innern Theilen können sie in keiner Verbindung stehen, da eine sehr starke Sehnenhaut sich über das ganze elektrische Netz ausbreitet und demselben so fest anhängt, daß man sie nicht davon trennen kann, ohne sie zu zerreißen.

Geoffroy macht zulezt die Bemerkung, daß es nicht wunderbar sey, die elektrischen Organe in so verschiedenartigen Familien von Fischen zu finden, da das elektrische Organ aus Nerven und sehnichten Häuten mit dazwischen liegenden Schichten von Eyweiß und Gallerte *) bestehe, und die Fische sonach gewissermaßen alle eine Anlage dazu besäßen. Damit es aber wirklich zu Stande komme, werde erfordert, daß eine gewisse Menge Eyweiß und Gallerte zwischen die Blättchen des Zellengewebes, das die Haut mit den äußern Muskeln verbindet, von den ernährenden Gefäßen abgesondert werde.

Volta brachte schon in seinem Briefe an Banks, in welchem er die große Entdeckung seiner Säule beschreibt, die elektrische Kraft des Krampffisches in Erinnerung. Er vermuthete, daß das elektrische Organ der Fische nur mit seiner Säule Aehnlichkeit habe, daß es aus vielen Reihen von Leitern bestehe, die wahrscheinlich verschiedenartig genug seyen, um in ihrer gegenseitigen Berührung das elektrische Fluidum zu erregen, und die vermuthlich so neben einander lägen, daß sie es alle nach einerlei Richtung trieben. In seinen spätern Abhandlungen **) von (1801) entwickelte er

*) Er betrachtet mit Lacépède die Nerven und die weiche gallertartige Masse als die elektrischen Leiter und die sehnichten Blätter als Nichtleiter.

**) Gilbert's Annalen, X. S. 446.

seine Ansicht weiter. Er vermuthete, daß, da diese Organe, wie er damals nicht anders als glauben konnte, lediglich aus feuchten Leitern (ohne einen Leiter der ersten Klasse,) beständen, man vielleicht noch eine dritte Klasse von Leitern aufstellen müsse. Diese dritte Klasse müsse dann als Feuchtigkeit (= Leiter zweiter Klasse, z. B. Wasser,) und als Erreger (= Leiter erster Klasse, z. B. Metall,) zugleich wirken und aus Körpern bestehen, die mit Flüssigkeiten getränkt sind, welche sich in einem durch unsere Sinne nicht wahrnehmbaren Grade coaguliren und fixiren, in welchem Falle man sie nur uneigentlich feuchte Leiter nennen könnte. „Man müßte dann, sagt er, hierher viele thierische Stoffe, als Muskeln, Sehnen, Membranen, Nerven, u. s. w. rechnen, die auch wirklich im frischen Zustande bessere Leiter sind, als das reine oder salzige Wasser.“

Die Untersuchungen über die Natur des Zymoms, als eines festen Körpers, der noch dazu mit einer sehr großen Hartnäckigkeit seinen festen Zustand behauptet, der so häufig in Organismen verbreitet und die bedeutenden elektrischen Phänomene der Gährung hervorzubringen im Stande ist, ergeben, wie nahe die Ahndungen Volta's der Wahrheit waren. Das Zymom ist dieser Körper, der in einem für unsere Sinne nicht wahrnehmbaren Grade coagulirt ist und die von Volta genannten thierischen Theile durchdringt. Insbeson=

18 *

dere ist es aus den obigen Untersuchungen schon bekannt, daß die Gallerte, wie man sie gewöhnlich aus thierischen Körpern gewinnt, ganz damit angefüllt ist. Die große Masse derselben, welche Geoffroy in dem elektrischen Organ der Fische fand, und in welcher er den Grund der elektrischen Erscheinungen vermuthet, wirkt also hauptsächlich durch ihren festen Erreger, das Zymom.

Allerdings sind die elektrischen Erscheinungen, welche wir an diesen Fischen wahrnehmen, momentan stärker, als diejenigen in der Gährung, und lassen darauf schließen, daß die Kette ihrer elektrischen Organe nicht zwei Leiter der zweiten Klasse enthalten werde. Wenn wir nun auch gar keine Veranlassung finden, für das Zymom eine dritte Klasse anzunehmen, da es vielmehr seiner Natur nach geradezu in die erste gehört, so möchte sich allerdings jedoch für solche Körper, als das Eyweiß und die Gallerte (in ihrem von Zymom befreitem Zustande,) *) sind, eine solche Klasse rechtfertigen. Denn sie befinden sich offenbar in einem Zustande, der in der Mitte zwischen demjenigen der festen Erreger

*) Erst durch das Gerinnen (des Bluts, der Milch, des Fetts, des Zuckers, — bei ihm ist das Gerinnen eine Krystallisation — u. s. w.) wird das Zymom von seinem Begleiter, der eben der gerinnende Theil ist, eingeschlossen. In den lebenden Thier- und Pflanzenkörpern ist in der Regel dieser begleitende Stoff, das Gliadin, der Käse-

und ihrer Indifferenz, des Wassers, steht, so daß man vielmehr geneigt seyn möchte, ihnen den Namen zweite Klasse beizulegen, den bisher die feuchten Leiter hatten, und unter die lezteren, welche die eigenthümliche Klasse der Indifferenz bilden, bloß diejenigen zu rechnen, die solche Indifferenzen sind, welche durch aufgeregte Elektricität der Erreger einer bis zum chemischen Prozeß ausschlagenden Differenzirung fähig sind, also alle das Wasser zur Basis haben müssen.

Es wäre zu frühzeitig, hier noch weitere Vermuthungen zu äußern, wo bloß nähere Untersuchungen entscheiden können. Nur so viel sollte einstweilen gezeigt werden, daß das Zymom auch in den elektrischen Fischen den Erreger mache, daß deren elektrische Kraft sich also genau an die Erscheinungen der Gährung anschließt, weil beides galvanische Ketten aus rein organischen Massen sind, daß wir dadurch einen Zusammenhang zwischen den elektrischen Erscheinungen der Fische und denjenigen der Voltaischen Säule, und eine Ahndung der Art der Thätigkeit des Galvanismus in thie-

---

stoff, das Fett, der zähe Stoff des grünen Satzmehls, der Zucker, das Gummi, das Harz, Wachs u. s. w. noch nicht fest, und der Zustand des Zymoms sonach ein anderer, ungebundener, wirksamer, elektrisch-modificirter, galvanischer.

rischen Körpern gefunden haben, endlich daß überhaupt solche Ketten eine große Verbreitung und eine höchst wichtige Bedeutung in den Organismen der Thiere und ohne Zweifel auch der Pflanzen haben.

Man darf nicht von der Ansicht ausgehen, daß das Zymom bloß in der Gährung elektrische Kraft habe und diese mit ihr auch wieder erloschen sey; es ist im Gegentheil anzunehmen, daß seine elektrische Kraft auf seine mehrfachen Zustände sich ausdehne. Der Unterschied ist nur der, daß gerade ein bestimmtes Verhalten dazu gehört, um mit Zucker den elektrischen Gegensatz zu bilden, und daß das Zymom eben um deßwillen keinen Zucker mehr in Gährung zu bringen, d. h. mit ihm einen elektrischen Gegensatz zu bilden im Stande ist, weil es den Gegensatz mit ihm nun ausgeglichen hat. Deßhalb kann es aber doch mit andern Körpern neue Gegensätze und Ketten bilden, wovon wir auch Beweise haben.

Betrachten wir die wichtigsten der von der Chemie als einfach angenommenen thierischen Substanzen, so ergiebt sich folgendes.

Der sogenannte Faserstoff *) ist ganz eigentlich als Repräsentant des thierischen Zymoms anzusehen.

*) Auch der vegetabilische Faserstoff erscheint als Zymom, doch ohne Stickstoff. Ueberhaupt wäre es eine wichtige Aufgabe für die Chemie, zu untersuchen, wodurch

Die Gallerte in ihrer gewöhnlichen Beschaffenheit ist kein einfacher Körper, sondern enthält noch äußerst viel Zymom. Sie ist in diesem Zustande der Verbindung des Zymoms mit dem Zucker zu Hefensyrup analog. In ihrem chemisch reinen Zustande müssen wir uns aber künftig die Gallerte frei von Zymom denken, als den reinen, durchscheinenden Stoff, der darin enthalten ist.

Der Eyweißstoff ist gleichfalls frei von Zymom. Eben so Fett, Oehl, Zucker.

Hinsichtlich ihrer chemischen Bestandtheile ist es von Wichtigkeit, daß die Gallerte (schon in ihrer Verbindung mit Zymom, vielmehr also in ihrem reinen Zustande,) den größten Gehalt an Sauerstoff unter allen hat; nach Thenard und Gay-Lüssac sind nämlich ihre Bestandtheile:

27,207 Sauerstoff,
7,917 Wasserstoff,
47,881 Kohlenstoff,
16,998 Stickstoff.

Der Eyweißstoff enthält weniger Sauerstoff, aber besonders mehr Kohlenstoff, nämlich nach denselben Chemikern:

---

das vegetabilische Zymom zu thierischem wird; nur müssen dabei alle fremden Körper außer dem Spiele bleiben. Es lassen sich dann leichter Beobachtungen über diese Umbildung anordnen.

23,872 Sauerstoff,
7,540 Wasserstoff,
52,883 Kohlenstoff,
15,705 Stickstoff.

Der Faserstoff enthält den wenigsten Sauerstoff, aber den größten Gehalt an Kohlenstoff und Stickstoff, nämlich nach denselben Chemikern:

19,685 Sauerstoff,
7,021 Wasserstoff,
53,360 Kohlenstoff,
19,934 Stickstoff.

Der vermuthete Gegensatz zwischen Faserstoff und Gallerte als positiv und negativ entgegengesezter Körper möchte dadurch an Wahrscheinlichkeit gewinnen. Erwägen wir, daß vielleicht die Hälfte geglaubter Gallerte Zymom ist, so erhellt, daß sie auch den geringsten Gehalt, und das Zymom den größten Gehalt an Stickstoff hat, daß sie also auch dadurch einander entgegengesezt sind. Am deutlichsten ergiebt sich dieß durch eine ungefähre Berichtigung der Verhältnißzahlen der unreinen Gallerte. Nimmt man darin die Hälfte thierisches Zymom an, so sind die Bestandtheile der reinen Gallerte:

34,726 Sauerstoff.
8,810 Wasserstoff,
42,402 Kohlenstoff,
14,062 Stickstoff.

Das Fett zeigt sich als Hydroid, seine Bestandtheile sind nach Berard:

9,66 Sauerstoff,
21,34 Wasserstoff,
69,00 Kohlenstoff;

Eyweißstoff vielleicht als Oxyd.

Nehmen wir, wie wir nicht anders können, zwischen diesen und den übrigen in den thierischen (und vegetabilischen) Körpern vorkommenden Stoffen eine elektrische Thätigkeit an, so dürfen wir dabei nicht verkennen, daß manche derselben in den dadurch gebildeten Ketten eine vorzüglichere Bedeutung haben, andere wieder eine geringere, und daß einige zulezt als gänzlich unbrauchbar ausgeschieden werden müssen. Wir bekommen hierdurch einen Begriff von der Absonderung, welche sonach nichts ist, als der nach vollendeter Wirkung herbeigeführte unwirksame Zustand des Gliedes einer Kette.

Die Wichtigkeit des Bluts für den thierischen Körper ist hinlänglich ausgemittelt. Seine Bestandtheile sind der Cruor, die Lymphe und das Blutwasser. Die beiden ersteren bilden nach dem Gerinnen den Blutkuchen. Der Cruor ist aus den Blutkügelchen zusammengesezt, die Lymphe bildet den begleitenden Körper, den wir im Kleber Gliadin genannt haben. Und so haben wir eine Kette. Die Anzahl der Blutkügelchen steht bekanntlich mit der Gesundheit

und Lebenskraft des thierischen Körpers in Verhältniß. Von der galvanischen Bedeutung des fibrösen Theils des Bluts hat man schon seit längerer Zeit Ahndungen. Tourdes *) bemerkte, daß der fibröse Theil des Bluts, der nach Abscheidung aller wäßrigen Feuchtigkeit zurückbleibt, der Einwirkung der Voltaischen Säule bei einer Temperatur von ungefähr 30° R. ausgesezt, in ein Oscilliren und in Palpitationen geräth, denen analog, welche das Fleisch eben erst getödteter Thiere zeigt. Die Bewegung ist eine doppelte, eine zusammenziehende und eine dilatirende. Gilbert machte dabei schon die Bemerkung, daß es unwahrscheinlich sey, daß der Faserstoff bloß dann diese Reizbarkeit zeige, nachdem er sich in seiner fibrösen Gestalt aus dem Blute coagulirt habe, in dem Zustande aber, in welchem er sich vereinzelt im Blute befindet, keine besitze. Es ist im Gegentheil anzunehmen, daß die elektrische Beschaffenheit dem Zymom im Blute noch in einem höheren Grade zukomme. **) Dieser Stoff macht aber eben auch den vorherrschenden Bestandtheil der thierischen Muskel aus, sowie es ausgemittelt zu seyn scheint, daß die Unterhaltung der Nervensubstanz einzig durch das Blut vor sich geht.

---

*) Gilbert's Annalen, X. S. 499.

**) Vielleicht ist hier der Grund der Bewegung des Herzens zu suchen.

Bekanntlich bemerkten Galvani und Aldini Zuckungen durch gegenseitige Berührung bloß thierischer Theile, auch ohne Dazukunft eines metallischen Leiters. Auch andere Erscheinungen schließen sich hier an. Frisches, noch warmes Menschenblut coagulirt im positiv- und negativ elektrischen Zustande langsamer, als unelektrisirt, und geht die Elektricität aus Spitzen erst durch die Luft auf das Blut über, so wird durch + E das gewöhnliche Coaguliren des Bluts verhindert. Beim Elektrisiren verschiedener Aufgüsse entwickeln sich die Infusionsthiere schneller und gehen eher zu einer vollkommnen Art über, als in dem unelektrisirten Aufguß. *)

Ohne Zweifel ist es auch das Zymom, das wir nun als festen Leiter und in so großer Verbreitung im thierischen Körper kennen, welches dem lezteren während seines Lebens, und den Nerven und dem Fleische auch nach ihrer Absonderung, eine so vorzügliche Leitungsfähigkeit giebt.

Ueber die Entstehung untergeordneter Thierklassen bei dem Zerfallen höherer läßt sich nun eher eine Vermuthung hegen, wenn auch die Organisation selbst zu einer bestimmten Thierklasse ein Räthsel ist. So lange

---

*) Singer's Elemente der Elektricität und Elektrochemie. Aus dem Englischen von Müller, Breslau, 1819. S. 382.

das Leben die einzelnen Theile beherrscht und der lebende Körper gesund ist, können sich keine Infusorien bilden. Nur diejenigen Theile sind dieser Bildung fähig, welche sich der Macht des Organismus entzogen haben. Sie sind nun bloß organischer Stoff. Der Galvanismus, der die Gewalten des Magnetismus, der Elektricität und des chemischen Prozesses vereinigt, und dessen Fixirung in der Gestalt der Voltaischen Säule man mit Wagner *) wohl mit Recht eine Entwendung aus dem Allerheiligsten des Tempels der Natur nennen kann, ist aber so vielvermögend, daß in seiner Gesammtwirkung auf diesen, eine neue Bestimmung suchenden Stoff, wohl der Ursprung der organischen Gestaltung gesucht werden darf.

Die untersten Thierklassen enthalten ohne Zweifel das Zymom und seinen Begleiter, (den man einstweilen ganz allgemein Gliadin nennen kann, und der sich in den Thierkörpern insbesondere als Gallerte darstellt,) im einfachsten Verhältnisse und Zustande. Bei den höheren Organisationen wird dieser Zustand gesteigert seyn und zugleich in eine verhältnißmäßige Anzahl untergeordneter Gegensätze während ihrer leiblichen Entwicklung zerfallen. Man kann sich diese Bildung als verschiedene Grade von Absetzungen denken, deren lezter Grad die eigentliche Absonderung des Stoffes

*) J. J. Wagner's System des Unterrichts, Aarau, 1821. S. 158.

ist. Die Chemie weist selbst darauf hin, daß in den Organismen nur eine geringe Anzahl einfacher Stoffe, aber desto mehr Nůancen thåtig sind, und daß diese Nůancen ein ganz anderes Verhåltniß haben, als diejenigen des unorganischen Reichs. Jene verlaufen wirklich in einander, so daß man die wahrhafte Verwandlung eines Stoffs in einen andern, (z. B. der Stårke und des Gummi in Zucker,) deutlich verfolgen kann, diese aber sind weit bestimmter geschieden, (es ist noch Niemanden gelungen, ein Metall in ein anderes, oder Kali in Kalk, zu verwandeln.) Man darf sich deßhalb nicht daran stoßen, daß in gegenwårtiger Abhandlung immer nur vom Zymom gesprochen wurde. Es wird hierdurch keineswegs geläugnet, daß z. B. das in den Muskeln enthaltene Zymom einen andern Zustand habe, als das in den Nerven enthaltene, aber es sind immer mehr nur Nůancen ein und desselben Stoffs. Auch die bisherigen Analysen organischer Kőrper entsprechen dieser Annahme. Eyweißstoff, Gallerte u. s. w. werden eben sowohl im Gehirn und in den Nerven, als im Fleische, den Sehnen, dem Blute, der Milch u. s. w. angetroffen, obgleich diese organischen Substanzen eine sehr verschiedene Bedeutung im thierischen Kőrper haben. Hierher gehőrt auch, daß Parrot *) sehr mageres Muskelfleisch in der

*) Gilbert's Annalen, XII. S. 61.

positiven galvanischen Wasserzone in Fett, in der negativen aber in Gallerte verwandelte, ferner, daß Priestley *) vermittelst des elektrischen Funkens aus Oehl gleichfalls Fett erzeugte u. s. w.

Das Zymom begleitet die Vegetation von ihrer niedrigsten Stufe an bis zu ihrer chemisch höchsten, der Zuckerbildung, und es scheint, als habe es wenigstens auf die Vollkommenheit der Infusorien Einfluß, aus welcher Periode es genommen sey. Eben so wenig leidet es aber einen Zweifel, daß, wenn der Gang der Vegetation unterbrochen wird, d. h. die Pflanze früher ihr Ende, als ihre vollendete Entwicklung erreicht, das Zymom auf andere Weise, wahrscheinlich durch Oxydation, zu der es so sehr hinneigt, sich die Eigenschaften zu geben weiß **), welche zur Hervorbringung neuen Lebens erforderlich sind ***).

*) Schweigger's Journal, a. R. XIII. S. 155.

**) Merkwürdig ist, daß, wie oben schon vorkommt, sich sowohl Schimmelvegetationen, als auch Infusorien aus verdünntem Stärkesyrup bildeten, der länger als 5 Stunden im stärksten Kochen, mit verdünnter Schwefelsäure, gehalten wurde. Die Bildung der Schimmelvegetationen gieng dabei voraus. Erst nachdem keine mehr entstanden, zeigten sich die Infusorien, und zwar auf ihrer niedrigsten Stufe.

***) Schon Steffens hat (in seinen Beiträgen zur innern Naturgeschichte der Erde,) gegen die Ansicht gesprochen, welche das Pflanzenreich als die unterste

Man kann sonach das Zymom als ein wirkliches Ey betrachten, aus dem sowohl das erste vegetabilische, als nach diesem das erste thierische Leben hervorgeht. Was aber vor unsern Augen noch jezt im Kleinen geschieht, war der Natur einstens bei jugendlichen und so vielfach aufgeregten Kräften auch im Großen möglich, und der alte vielbestrittene Satz: Omne vivum ex ovo, möchte deßhalb und in diesem Sinne am Ende doch Recht behalten.

Ich kann nicht umhin, hier eine Stelle aus Ritter's Versuchen und Bemerkungen über den Galvanismus der Voltaischen Batterie (Gilberts Annalen, VII. S. 441 — 446.) einzuschalten, die in diesem Zusammenhange eine tiefe Bedeutung hat und uns mit erneuerter Achtung für einen Mann erfüllen muß, der schon im Jahre 1801 mit wahrhaft prophetischem Geiste die Bahn vorschrieb, welche die Wissenschaft zu durchwandern habe. Sowie ich glaube, daß diese Stelle durch die vorausgegangenen Untersuchungen an Verständlichkeit gewinnen und

Stufe des Thierreichs überhaupt ansieht und annimmt, daß sich dasselbe durch seine höchsten Stufen an die niedrigsten Thierstufen anschließe. Nicht aus den Individualitäten des Pflanzenreichs geht das Thierreich hervor, sondern aus dem durch die Vegetation potenzirten Pflanzenstoff.

größere Bestätigung erhalten werde, so mag sie auch umgekehrt dazu dienen, die gegebenen Andeutungen zu unterstützen und zu ergänzen.

„Vegetabilische Substanzen, sobald sie nur Leiter des Galvanismus sind, sind überhaupt auch zu dessen Erzeugung geschickt oder mitgeschickt, je nachdem sie bloß Theile galvanischer, sonst zugleich noch aus Substanzen anderer Herkunft zusammengesezter, Ketten ausmachen, oder auch unter der Bedingung der gehörigen Verschiedenheit von einander, sie ganz allein bilden. Der erste Fall kommt in einer Menge bisher angestellter Versuche bestätigt vor, und der zweite läßt, wenn man es auch bisher noch nicht direct gethan hat, doch sich mittelbar auf das evidenteste erweisen. Aller Galvanismus ist Einer, und so gleicht auch die durch vegetabilische Substanzen mit- oder allein erzeugte Action ihrer Natur nach ganz der, die man in Ketten gewöhnlicher Art, oder auch in ganz aus anorganischer Materie componirten, antrifft. Auch die durch Vegetabilien gebildete galvanische Action muß also, jeder andern gleich, ebenfalls einer Addition zu Summen, deren Träger, Behälter, man Batterien nennt, fähig seyn. Was aber Galvanismus auf Veränderung und Umkehrung der Richtung und Wirkungsäußerung chemischer Kräfte vermag, ist bekannt. Wen mag es nun noch wundern, diese Veränderung, Umkehrung, gerade da wirklich anzutreffen, wo sie allen Gründen

nach

nach so sehr hingehört, und wer mag ferner noch an ein dem Organismus ausschließlich zugehöriges, zu dieser Umkehrung Gelegenheit gebendes, eignes Princip denken wollen? Jede Pflanze ist, vom Galvanismus aus angesehen, nichts, als ein Aggregat von unzähligen kleinen, galvanischen Ketten zu Batterien, und dieser zu einer lezten Batterie-Batterie, und wie ich Volta's Batterie durch Gold Zink aus seinen Auflösungen fällen lasse, da sonst lezteres das erstere überall niederschlägt; so wird ja auch in Pflanzen, B aus A-Auflösung A niederschlagen, und das sich als Bestandtheil der Pflanze ansetzen können, was getrennt vom Ganzen (außer dieser Batterie,) überall das Gegentheil erleiden, d. i. von A niedergeschlagen werden würde, und der erste Prozeß wird wirklich wieder in den lezten über- oder zurückgehen müssen, wenn diese Trennung wirklich erfolgt, und nichts anderes, als dieser Uebergang wird es seyn, der bei organischen Produkten den Charakter dessen ausmacht, was man Fäulniß nennt.

Aber wird es bei dem andern Theile organischer Körper, bei den Animalien, wohl anders seyn? Thierische Substanzen sind im allgemeinen noch weit bessere Leiter des Galvanismus, als vegetabilische. Hier wird also auch der Galvanismus ein weit freieres Spiel haben, und alles, dessen er fähig ist, weit vollkommener erreichen können, als dort. Alles dem-

nach, was vorhin von den Pflanzen galt, wird im nämlichen, nur größeren Verhältnisse auch von den Thieren wahr seyn. Die Gleichheit der galvanischen Action in Ketten aus bloß thierischen Theilen mit der in Ketten, die aus thierischen und anorganischen Theilen gemischt sind, habe ich bereits in meiner ersten Schrift über Galvanismus (Beweis, daß ein beständiger Galvanismus den Lebensprozeß im Thierreiche begleite,) dargethan und an mehreren Orten der später erschienenen Beiträge zur näheren Kenntniß des Galvanismus, bestätigt; für alle aber, die dessen ungeachtet noch an jener Identität, so wenig sie auch Ursache dazu haben können, zweifeln wollten, so viel es nur irgend dem Gegenstande nach möglich seyn mochte, aufs Viel- und Mannigfachste in einer eigen dazu bestimmten Abhandlung im 3ten Stück des 1sten Bandes der genannten Beiträge vollends bis zur unumstößlichsten Gewißheit gebracht und überdieß noch den eben so streng geführten Beweis ihrer Identität mit der in rein anorganischen Ketten, wie die sind, aus denen Volta's Batterie zusammengesetzt ist, hinzugefügt. Die rein durch Animalien bestimmte galvanische Action muß folglich durch Anhäufung ihrer Bestimmungsgründe eben so zu beträchtlichen Summen anwachsen können, wie die zum Theil oder rein durch Substanzen anorganischer Herkunft erzeugte,

denn beide sind ja eine und dieselbe. Jedes Thier ist also eben so gut, wie jede Pflanze, ja aus dem oben angegebenen Grunde in noch weit vollkommnerem Grade, als diese, eine ganze Batterie von galvanischen Batterien der mannigfachsten Zusammensetzung, und wenn, was Wahrscheinlichkeit genug für sich hat, von Humboldt's für thierische (oder überhaupt für organische,) Flüssigkeiten aufgestelltes Gesetz, „daß sie nämlich als um so wirksamere Leiter des Galvanismus erscheinen, je mehr sie belebt sind, d. h. je weniger ihre Elemente nach den von uns anerkannten Gesetzen der chemischen Affinität gemischt sind," nur der kleinere Theil eines größeren, allgemeinen seyn sollte, „daß überhaupt die Leitungsfähigkeit gleichnamiger Theile von thierischen Körpern für Galvanismus um so größer sey, je höher der Grad von Animalität dieses Körpers, die Stufe von Organisation, auf der er sich befindet, ist:" was ist dann natürlicher, als daß der Mensch, an der Spitze aller Organisation auf Erden, wie er von der Natur dahin gestellt ist, auch an der Spitze aller möglichen Galvaneität steht, daß er es ist, in dem das System des Galvanismus, wie es in belebten Körpern sich organisiren kann, die größte Vollendung, Geschlossenheit, Continuität und Intensität seiner innern Einheit erreicht, die ihm überhaupt im Organismus auf Erden irgend werden kann. Auch

physikalisch genommen ist es also der Mensch, auf den Alles, was den Galvanismus, das Studium und die Erweiterung seiner Sphäre, angeht, die nächste Beziehung hat. Und so war es wohl natürlich, wenn ich in meinem nun seit 3½ Jahren gefundenen Beweise der Gegenwart des Galvanismus im Thierreiche, Alles, was ich damals vom Galvanismus selbst wußte, zunächst immer auf die physischen und pathologischen Erscheinungen des menschlichen Körpers anwandte; und in der That, noch habe ich keinen Grund, das Mindeste von den Erwartungen, die ich in jener Schrift für die Gesundheits- und Krankheitslehre des Menschen aufstellte, zurückzunehmen, im Gegentheile könnte ich sie mit ähnlichen und selbst wichtigeren auf die gerechteste Weise vermehren; aber es wird der Sache selbst nützlicher seyn, sie vor der Hand noch zurückzuhalten. Vielleicht ist die schöne Zeit nicht mehr so fern, daß sich die, welche es eigentlich angeht, noch einmal näher und ernstlicher für den Galvanismus und dessen Studium interessiren werden, als es bisher geschah. Dann wird sie das Verständniß und die Ueberzeugung der Gültigkeit jener, schüchtern genug nur als Vermuthung aufgestellten Gewißheiten lebhaft genug überraschen, um sie nun auch für das Weitere auf eine würdige Art empfänglich zu machen. Möge diese Hoffnung nicht vergeblich seyn! O, sie wird es nicht, und der lebendige Glaube daran soll uns ferner Muth genug

gewähren, unsere fortgesezten Bemühungen für Wahrheit und Recht nicht durch Kleinigkeiten beschränken zu lassen, die nur gleichsam dazu da zu seyn scheinen, daß sie uns prüfen, ob es mit unserem Thun auch wirklich so redlich gemeint sey, wie wir es uns gern überreden mögen."

Nach diesen über den Zusammenhang und die Bildungsweise des Pflanzen- und Thierreichs mitgetheilten Andeutungen und Ahndungen, die durch vereinte Bemühungen der Chemie und Physiologie berichtigt und erweitert werden müssen, dringt sich besonders der Wunsch auf, einen Zusammenhang auch zwischen dem vegetabilischen und mineralischen Reiche zu suchen, der ohne Zweifel bestehen muß, da es gar keinem Bedenken unterliegt, daß jenes aus der Entwicklung dieses hervorgehe. Es mag auf irgend eine Art geschehen, so ist es doch gewiß, daß die Substanz zur Bildung des Zymoms aus dem unorganischen Reiche genommen und durch die Läuterung allmählicher, einleitender Prozesse erst zu der Stufe gehoben werde, in welcher es zuerst im vegetabilschen Reiche auftritt und aus Felsen und Steinen ersteht.

Im allgemeinen nehmen wir wahr, daß die mineralischen Körper durch die Umwandlungen, welche sie erleiden, von der strengsten Cohäsion, Starrheit und

egoistischen Beschaffenheit an, immer lockerer werden und sich mehr aufschließen. Die Metalle werden zu lockeren Oxyden, und auch die bildsamen Kalien und Erden zeigen sich als verwandelte Metalle. Die Theilbarkeit nimmt dabei zu, eben so die Möglichkeit, in viele Umwandlungen einzugehen, so daß wie aus einem Stamme heraus die Verzweigung sich ausbreitet und am Ende ein vollkommener Baum vor uns steht, aus dessen Blüthen und Früchten eben das vegetabilische Reich hervorgeht. Luft, Wasser, auch Licht, die das vegetabilische und thierische Reich beherrschen, spielen hierbei schon eine thätige Rolle; wir wissen, daß manche Metalle sich durchaus nicht oxydiren, wenn nur Luft ohne Wasser, oder Wasser ohne Luft vorhanden sind, sondern daß beide vereinigt wirken müssen. Die schon oft geäußerte Vermuthung, daß die Verschiedenheit der Substanzen auch im Mineralreiche ursprünglich nicht so groß seyn möge, sondern daß sie eben erst aus der Combination weniger Elemente, vermittelt durch Zeit und das Zusammentreffen der Kräfte, hervorgehen möge, ist wohl an und für sich richtig, wird aber der Chemie, einen so raschen Gang sie auch geht, schwer bleiben, so bald im Einzelnen nachzuweisen. Eben daß eine so große Verschiedenheit vorhanden ist, beweist, daß die begünstigenden Umstände zu dieser Verschiedenheit sehr groß und allgegenwärtig sind, und eben dieß steht uns bei jenen Reductionen im Wege.

Man erinnere sich, wie begierig die Metalloide zu ihrem verkalkten Zustande zurückkehren.

Daß in dem oben beschriebenen Vorkommen des Zymoms (und seines Begleiters,) nicht ein blos zufälliger Zusammenhang sey, daß die Kügelchen, welche man in der aufgelösten Stärke, in zuckerigen Flüssigkeiten, im Kleber u. s. w. bemerkt, welche dann das Ferment darstellen, dann die Essigmutter (mit dem Schleim,) bilden, immer dieselben sind, nur in verschiedenen Zuständen, ist wohl keinem Zweifel unterworfen, eben so wenig, daß aus eben diesen Kügelchen die Schimmel-Vegetationen und Infusorien entstehen.

Ich mußte dieses Resultat wegen des Folgenden wiederholen, um der Macht des Scheins zu entgehen, der sich bemüht, den kaum gewonnenen Anhaltspunct uns wieder zu entwinden.

Betrachten wir nämlich auch das mineralische Reich mit dem Mikroskop, so bemerken wir die anfangs wirklich befremdende Erscheinung, daß nicht nur alle chemischen Niederschläge, sondern überhaupt alle festen Körper, mit Ausnahme einer Classe der Krystalle, als Zusammenhäufungen kleinster Kügelchen erscheinen. Auch sind diese Kügelchen durchaus durchsichtig, oder vielmehr durchscheinend, so daß sie in ihrer Vereinzelung den Kügelchen des Pflanzen- und Thierreichs höchst

ähnlich sind. Die Kohle ist mit inbegriffen, und bei der Verkohlung ist es überhaupt bloß die Zuthat des Pflanzenreichs, die verkohlt wird.

Ich führe vorerst Beobachtungen an. Bringt man höchst feine Theilchen, die durch das leiseste Abschaben oder überhaupt durch die möglichste Zertheilung entstehen, von Malachit, Kobaltblüthe, geschabtem Rothgüldenerz, Lasurblau, Eisenoxyd, Marmor, Speckstein, Achat, Asbest, gelben und rothen Arsenik, Magnesia, Thonerde, Kali, Kalk, Asche, Salpeter, (wie er sich an Wänden ansetzt,) unter das Mikroskop, so erscheinen sie als Zusammenhäufungen von Kügelchen. Da es selten der Fall ist, daß die Theilchen ganz flach gerathen, so erscheinen die Kügelchen besonders an den Rändern und in den einzelnen, durch die mechanische Zertheilung entstandenen Verästelungen ganz deutlich. Kleinste und flache Stückchen zeigen sich aber durchaus als an einander gereihte Kügelchen. Besonders deutlich sind die chemischen Niederschläge, z. B. Kupferhydrate, dann Theilchen gelben Arseniks, des Asbests, des Malachits u. dgl., also Substanzen, in denen geringere Dichtigkeit mit heller Farbe vereinigt ist.

Ganz auf gleiche Art verhalten sich die gediegenen Metalle. Ein dünnes, feines Goldblättchen, das sich in Goldschlich befand, war ganz durchscheinend, so daß man die Kügelchen in ihrer Aneinanderreihung und Aufeinanderhäufung deutlich erkannte.

Daß

Daß feinstes, geschlagenes Gold durchscheinend sey, ist schon früher bekannt gewesen *) Feinster Goldstaub, feinste Theilchen abgeschabten, weichen Eisens, (in denen die Kügelchen besonders kenntlich sind,) Zinns, Silbers, Messings, Kupfers u. s. w., alle erscheinen als zusammengehäufte Kügelchen. Von einer Täuschung ist nicht die Rede. Daß sich die Kügelchen nach dem Verhältniß ihres bekannten chemischen Verhaltens in gewissen Flüssigkeiten leichter, in andern schwerer auflösen und dann ihre Form aufgeben, ist den schon bekannten Thatsachen gemäß.

Oersted **) machte die Bemerkung, daß Zucker auf Kieselgelee gestreut, schnell deliquescirt und damit einen ganz durchsichtigen, farbenlosen, (nicht gelben,) Honig, den er Kieselhonig nannte, darstellt. Wir haben hier eine Analogie mit dem Hefensyrup, und es läßt sich erwarten, daß auch in diesem Kieselhonig die Kügelchen nicht verschwunden sind. ***)

---

*) Thomson's System der Chemie, I. S. 109.

**) Schweigger's Journal, V. S. 287.

***) Der immer geahndete, obwohl durch chemische Thatsachen noch äußerst wenig (Steffens Oryktognosie, I. S. IX.) begründete Zusammenhang zwischen der Kieselreihe der Fossilien, (an deren Spitze der Diamant steht,) und dem Kohlenstoff, (der fast der ausschließ-

Der Metallglanz erscheint unter dem Mikroskop als von der Unebenheit der auf einander gehäuften Kügelchen abhängig. Was die Porosität der Körper sey, wie Schmelzbarkeit entstehe und ähnliche Fragen, möchten sich hierdurch beantworten lassen. Nun wird man hoffentlich darin keine Stütze der atomistischen Ansicht suchen wollen, weil ein Atom im Sinne der Atomistiker etwas ganz anderes ist und seyn muß, als *ein* durch das Mikroskop erkennbares Kügelchen.

Der Staub erscheint gleichfalls in der Form solcher Kügelchen, die übrigens in Hinsicht der Größe sehr überein zu kommen scheinen, und es bestätigt sich hierdurch, daß er und der Sonnenstaub *nichts* sind, als losgerissene Theilchen anderer Körper.

Alle Salze hingegen, die in Wasser auflöslich und krystallisirt sind, erscheinen als ungetheilte Körper, wahrscheinlich auch andere Krystalle einer gewissen Klasse, z. B. der Diamant.

---

liche Bestandtheil des Diamants ist,) dringt sich in gegenwärtiger Abhandlung von neuem auf, in welcher die Wichtigkeit des Zymoms herausgehoben wird, dessen größter Bestandtheil gleichfalls der Kohlenstoff ist, und das sich durch concentrirte Schwefelsäure (und Salpetersäure,) ob es gleich als vegetabilischer Stoff erscheint, nicht zerstören läßt.

Ohne Zweifel ist diese anatomische Beschaffenheit auch der dichtesten Körper höchst merkwürdig *) und muß uns zu einem Wege führen, dasjenige wirklich mit eignen Augen zu sehen, was wir dem Naturgeiste bisher bloß auf das Wort glaubten, daß nämlich das organische Leben unmittelbar aus dem unorganischen durch Aufschließung der Cohäsion hervorgeht. **)

Man wird hier an die Dendriten (auch Rußdendriten,) erinnert. Ihre vegetabilische Form erscheint in diesem Zusammenhange noch merkwürdiger.

---

*) Am wenigsten wird man mehr an dem Galvanismus der Gährung u. s. w. zweifeln, da ja Silber und Zink selbst nichts anders vorstellen, als ein Aggregat kleinster Kügelchen, in ihrer Masse also vor dem Zymom nichts voraushaben, in ihrer Qualität aber gegen dasselbe sogar zurückstehen. Nur die Vertheilung begründet den Unterschied der Art der galvanischen Action zwischen beiden.

**) Aus dem schon in der Erde differenzirten Wasser sproßt das Pflanzenleben, und man hat nicht nöthig, wo am dürren Felsen eine Pflanze keimt, zu hingewehtem Samen immer seine Zuflucht zu nehmen. Wo das Wasser des Himmels einen Punkt zu haften findet, da trennt es mit der Zeit die Cohärenz des Steins und schließt die todte Starrheit zu vegetabilischem Leben auf, das zwar anfangs halb versteinert noch in hartem Moose keimt, aber durch

Sie entstehen durch Aneinanderhäufung der Elementarkügelchen; die Form hängt einzig von den elektrischen Gesetzen der Anziehung und Abstoßung ab. Der Ort, wo ihre Abstammung aufgesucht werden muß, ist der Gasapparat der Voltaischen Säule.

Aber eben bei Erwähnung des Galvanismus werden wir auf einen wichtigen Unterschied zwischen den Elementarkügelchen des mineralischen und des vegetabilischen Reichs geleitet. Die Contacts-Electricität ist Linienwirkung, sie verbreitet sich nach zwei einander entgegengesezten Richtungen, der Galvanismus (die Vermittlung der Contacts-Elektri-

---

seine Verwesung den Grund zu höherem Pflanzenleben legt." J. J. Wagner's Natur der Dinge, S. 512. Gruithuisen erzählt, daß er aus Stinkstein, Granit, Ruß, Marmor, sogar mit destillirtem kalten Wasser begossen, noch an demselben Tag Infusionsthiere erhalten habe. Oken äußert sich über die Infusionsthiere auf folgende Art. „Die Mile (Infusionsthiere,) sind ihrer Größe nach elementarisch, wahre Atome, die mit freiem Aug nicht wahrgenommen werden können, wie die Grundtheilchen unorganischer Stoffe. Was Stoffe sind für die Chemie, das die Mile für die thierische Masse, sie sind der Thierstoff. Wie aus jenen alle andern Materien durch vielerlei Verbindungen entstehen, so aus ihnen alle thierische Mischung." Dessen Lehrbuch der Naturgeschichte, 1815, III. S. 12.

citāt durch das Wasser, in welchem die höchste Symmetrie und zugleich die höchste Intensität der elektrischen Pole als Indifferenz schlummern,) aber cubische, also auch nach Innen gerichtete chemische Wirkung. Die Dendritenbildung geschieht bloß durch Contacts-Elektricität, ihre Gebilde erreichen also wohl die äußere Gestalt, nicht aber das innere Leben der Vegetation. Sie sind ihr elektrischer Automat. Was die Elementarkügelchen der Vegetation vor den mineralischen voraus haben, ist die Begleitung desjenigen Körpers, den wir einstweilen im Allgemeinen Gliadin nennen können, und der sich in der Priestley'schen Materie als Schleim neben den Kügelchen kund giebt. Hierdurch ist aber vorzugsweise der galvanische Prozeß begünstigt und den Kügelchen eine individuelle Wirkung gestattet, da sie, je mehr wir im unorganischen Reiche hinabsteigen, immer mehr nur als Gesammtmasse gelten und den Voltaischen Säulen ohne feuchten Leiter gleichen, die, wenn auch noch so viele Plattenpaare auf einander gehäuft sind, doch nicht mehr Elektricität entwickeln, als ein einfaches Paar.

So stellt sich überall das Mineralreich als das stoffreichere, das mehr durch Masse beherrscht wird, den übrigen Reichen der Natur, in denen mehr die Kraft waltet, gegenüber, und die heut zu Tage so sehr verbreitete Ansicht einer durch die ganze Natur

hindurch gehenden progressiven Bildung wird sich immer mehr bestätigen, je weiter wir in der Naturforschung gelangen. Die bekannte Jedee der Seelenwanderung hat wohl eine tiefe Bedeutung, wenn sie nicht mechanisch und atomistisch genommen wird. Ihr entspricht die ähnliche Idee einer Körperwanderung, die, in eben diesem Sinne aufgefaßt, einen gleichen Grad der Wahrheit besizt.

Es ist sehr zu wünschen, daß durch Untersuchungen mit sehr stark vergrößernden Mikroskopen *) die Andeutungen dieses Aufsatzes berichtigt und erweitert werden mögen. Wenigstens möchte es belohnend, ja Pflicht seyn, eben so angelegen unsere Erde, von der wir doch immer ausgehen müssen, mit stark vergrößernden Instrumenten zu betrachten, als die fremden Weltkörper, da wir nur auf diese Weise die Grenzen überschreiten können, welche uns bei der chemischen Untersuchung angewiesen sind, und da das Größte doch immer nur aus Kleinstem be-

*) Es sind noch genauere Bestimmungen nöthig über die Größe der Kügelchen, ihre Form, (ob sie rein sphärisch sind, wie sie dem Ansehen nach erscheinen, oder elliptisch, oder einige wie Krystalle geschliffen, ob die Gestalt der Elementarkügelchen in verschiedenen Körpern verschieden ist,) ihre Farben u. dgl.

steht *), jenes also ohne dieses nicht erkannt werden kann. **)

*) Ich selbst war sonst der Meinung, daß Einsichten in das Wesen der Gährung nur durch Versuche im Großen gewonnen werden könnten. Späterhin fand ich gerade das Gegentheil. Nur durch mikroskopische Beobachtungen war die Haupterscheinung, das Verhalten des Zymoms zum Zucker, auszumitteln, aus dem sich alles übrige ergab. Anders verhält es sich mit der Ausbeute der Produkte, die nur, wie ähnliches, durch Versuche im Großen gefunden und bestimmt werden kann.

**) — cum rerum natura nunquam magis quam in minimis tota sit. Plin.

Druckfehler.

Seite 34 Zeile 13 lies: deselektrisirten statt: des elektrisirten

— 38 — 12 Nach des Verfassers Absicht sollten das Quadrat und der Kreis sich tangentenartig berühren, wodurch der kleine Ring nicht zwischen beide zu stehen kommt, sondern beide vereinigt.

— 39 — 8 v. u. l. auch st. auf

— 43 — 18 l. Sauerstoff- st. Sauerstoff —

— 48 — 1 v. u. nach: zusammengesetzten ist Körper ausgelassen

— 50 — 7 v. u. nach: zugleich ist durch ausgelassen

— 55 — 8 v. u. l. stärksten st. nächsten

— 58 — 10 der Note, l. darin st. dann

— 81 — 3 l. willkührliche st. willkührlichere

— 95 — 1 v. u. nach: Luft ist sich ausgelassen

— 109 — 7 l. Dreieck st. Dreier

— 143 — 7 l. um st. nur

— 145 — 3 der Note, l. Einwirkung st. Entwicklung

— 156 — 17 l. eine st. ein

— 170 — 2 l. absorbirten st. absortirten

— 182 — 9 v. u. l. Menge st. Masse

— 185 — 14 l. Malzen st. Walzen

— 196 — 1 l. Wortes st. Wassers

— 223 — 11 l. also st. als

— 298 — 5 l. Nur st. Nun

Kölle, August,

Ueber das Wesen und die Erscheinung des Galvanismus oder Theorien des Galvanismus und der geistigen Gährung, nebst Andeutungen über den materiellen Zusammenhang der Naturreiche

Stuttgart ; Tübingen 1825

Phys.sp. 349 o
urn:nbn:de:bvb:12-bsb10134055-2